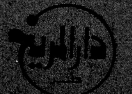
الجزء الثاني

كيمبل
بيولوجي

تعريب
أ.د/ شاكر محمد حماد
أ.د/ عادل إبراهيم الجزار



مراجعة
أ.د/ عبد الحليم منتصر

كيمبل
بيولوجي

الجزء الثاني

كيمبل
بيولوجي

الجزء الثاني

John W. Kimball

تأليف

جـون و. كيمبال

تعريب

أ. د/ شاكر محمد حماد
أستاذ علم الحشرات
جامعة الملك فيصل (سابقاً)

أ. د/ عادل إبراهيم الجزار
أستاذ علم النبات
جامعة الملك فيصل (سابقاً)

مراجعة

أ.د/ عبد الحليم منتصر
أستاذ علم النبات وعضو مجمع اللغة العربية



ص. ب: ١٠٧٢٠ ـ الرياض: ١١٤٤٣ ـ تلكس ٤٠٣١٢٩
المملكة العربية السعودية ـ تلفون ٤٦٥٨٥٢٣ ـ ٤٦٤٧٥٣١

رقم الإيداع
٩٣/٥٠١٢

حقوق النشـر :ـ

Biology, by John W. Kimball

الطبعة العربية :ـ



المحتويات

الجزء الأول

القسم الثالث : حياة الخليـة

القسم الرابع : الوراثـــة

الجزء الثاني

القسم السابع : الاحساس والتناسق

القسم الثامن : التطـــور

القسم التاسع : علم البيئة
الدراسة الاحيائية للعشائر وبيئتها

تمهيد

PREFACE

تم إعداد هذه الطبعة الخامسة من كتاب الأحياء لنفس أهداف الطبعات السابقة. وتظل الموضوعات مرتبة تبعا لخطوط وظيفية أي أن النواحي المختلفة لعلم الأحياء تدرس من وجهة نظر الميزات والمشاكل التي تشترك فيها كل الكائنات الحية وهذه تتراوح بين التنظيم الجزيئي والخلوى إلى الوارثة وطرق التكاثر والأيض والاحساس والتطور، وانى لآمل من وراء هذا الترتيب أن ينقل إلى القارىء فكرة أفضل عن توحد الصور المتباينة للحياة، وبالاضافه إلى ذلك فقد أعيد تنظيم بعض الأبواب حتى تكون أكثر توافقاً مع الخط التنظيمي العام وعلى ذلك فقد إنضمت كل المعلومات عن حياة الخلية (الجزءان الثاني والثالث) وكل الأبواب التي تتناول وظائف الأعضاء (الأجزاء الخامس والسادس والسابع) مع بعضها. وحينما بدأت إعداد هذه الطبعة الجديدة كانت أمامي عدة أهداف أحدها بالطبع هو تحديث ماده الكتاب في المجالات التي تتطور بسرعه. ولذا فإن القاريء سوف يجد باباً جديداً عن تنظيم المعلومات الوراثية (كيف تتجمع المورثات وكيف تتم «قراءتها» - الجينات المتراكبة والمفصولة والمنقولة وطرق تهجين الحامض النووى (DNA) . هناك قسمان جديدان عن بيولوجيا السرطان كما نقحت بتوسع علم المناعة (بما في ذلك تولد التباين في الاجسام المضادة) وفسيولوجي الأعصاب للمخ البشرى (بما في ذلك مناقشة البيبتيدات شبه الأوبيات) وأصل الحياة. أما الموضوعات الأخرى التي تظهر لأول مره في صوره منقحه فهي تشمل: الحامض DNA الأعسر (Z) وتضاعف الحامض DNA الشفره الوراثية الخاصة بالميتوكوندريا والاوزموزية الكيميائية - الخيوط الوسطية في الخلايا - الانتشار المساعد - التنظيم الحرارى في الفقاريات - التوجه المغناطيسي في البكتريا والفقاريات - والأهمية التأقلمية للسلوك - البكتريا

القـديمة - الطحالب الخضراء الأوليه - النظم البيئيه في المياه العذبة وفي البحار - الطرق المعتمدة وغير المعتمدة على الكثافة للحد من نمو العشائر - الجغرافية الحيوية للجزر - وتطور الانسان.

ولعـل أهم التغيرات التي طرأت على هذه الطبعة هي إدخال العديد من الصور الملونـه في أجزاء كثيره من الكتاب. كما أن عدداً من صور الأبيض والأسود جديده ويظهر كذلك ٦٧ رسماً وشكلًا جديداً لأول مرة. كما أعيد رسم أشكال عديدة ليس فقط لتكون وسائل إيضاح فعاله وإنما لكى تسر الناظرين أيضاً.

والتقدم السريع الذي يحدث في علوم الأحياء يجعل هناك المزيد والمزيد كل عام مما نود أن نقوله للطلاب ولكن من عيوب ذلك أن كتب علم الأحياء تزداد كثيرا في الحجم حتى أن بعضها يصل الى أحجام عملاقة. ومع كل ما كنت أرغب في إضافته فقد كان من العسير ان أحافظ على حجم معقول لهذه الطبعة ومع ذلك فقد إختصرت او الغيت بعض الموضوعات تماماً لإفساح المجال لموضوعات أخرى. علما بأنني تلقيت رجاء واحد على الأقل ممن راجعوا الكتاب لإعاده كل واحد من الموضوعات التي حذفت. لذا فأنني آمل الا يكون أحد موضوعاتكم المفضلة قد إختفى فاذا كان ذلك قد حدث فانكم ربما توافقوننى على أن الموضوعات التي حلت محله لها درجة أعلى من الأولويه.

تميل كتب علم الأحياء المبـدئية إلى أن تكـون مجرد تجميع لبعض الإستنتـاجات وبـالنسبـة لكثير من الطلاب فإن ذلك يعد وضعاً مناسباً: فهم يفضلون أن يعرفوا الإجابات دون أن يشغلوا أنفسهم بالوسائل التي أدت إلى التوصل إليها وبها يكتنفها من الريبة. كما أنها أيضا الطريقة الوحيدة لكى يكون حجم الكتاب الذي يغطى كل مجالات هذا العلم معقولا. ولكن ذلك ليس علماً جيداً، فالمساعي العلمية لها بعض خصائص القصص البوليسية من حيث جمع الأدلة وسبر أغوار الاحتمالات المختلفة. ولقد حاولت في كل هذه الطبعة أن أركز على المشاهدات والتجارب التي تشكل الأساس بالنسبـة لمفهـومنا لعلم الأحياء أو أقدم إفتراضات بديلة إذا كانت الأدلة ضعيفة أو متناقضة. لقد كتبت باباً خاصاً في هذه الطبعة عن الطرق العلمية. وقد حاولت أن أبين كيف يصمم العلماء التجارب بإستخدام مثال من دراسة مشكلة حيوية معينة (في الحساسية) وكيف يتم تقييم التجارب وتوصيل النتائج للآخرين.

إننى مدين للكثيرين على ما قدموا من مساعدات اثناء إعداد هذه الطبعة : لكل العلماء الذين أمدوني بالصور وصور المجهر الاليكتروني والذين تظهر أسماؤهم قرين الأشكـال المستمـدة من عملهم. وكذلك لتلامذتى في قسم الأحياء بجامعة تفتس والذين كانوا بمثابة حيوانات تجارب إختبرت فيها الموضوعات الجديدة. وسارا بينيت (مـركـز الأبحاث الحقلية - بلمونت - ولايه ماساشوستس)، مايكل كولنز (جامعة ميموريال في نيوفوندلاند) - دوريس هيلمز (جامعة كليمزون) - توماس ل. كوبنهيفر (جامعة ترينيتى) - جون س. نيس (جامعة ويسكونسن - ماديسون) - وجوزيف م. وود (جامعه ميسورى - كولومبيا) وكل منهم قد راجع جزءاً كبيراً من الكتاب و أبدى العديد من الاقتراحات القيمة. وأنا مدين كذلك لروبرت دانو الذي لم يقم فقط برسم العديد من الرسوم والأشكال الجديدة بل أعاد أيضا رسم الكثير من الأشكال المأخوذه من الـطبعـات السابقة وكذلك أشكر كل العاملين في أديسون - ويزلي لمجهوداتهم الشاقة في كل مراحل إعداد الكتاب.

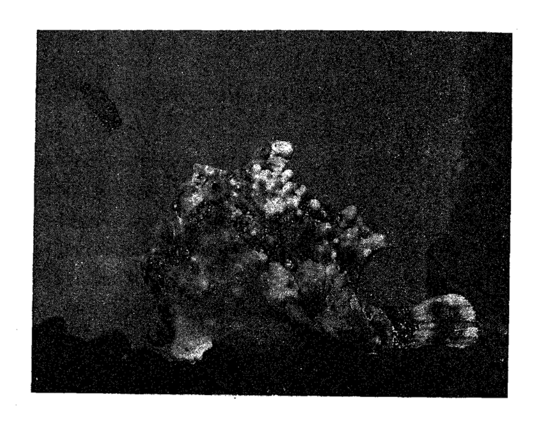
أملى كبير في أن تلبى هذه الطبعة احتياجات من يختارها من المدرسين وأن ترقى إلى مستوى توقعاتهم وكذلك (وخاصة) بالنسبه للطلاب الذين يقرؤنها. وأرجو ان أتلقى أى تصويبات أو مقترحات يمكن ان تسهم في تحسينها.

أندوفر - ماساشوستس ج. و. ك.

ديسمبر ١٩٨٦

القسم السابع PART VII

الاحساس والتناسق
RESPONSIVENESS AND COORDINATION



سمكة الملاك تجذب الفريسة عن طريق مسح الماء بالزعنفة الظهرية الأولى المتحورة والتي تشبه سمكة صغيرة (عن ت. و. بيتش، د. ب. جروبكر، ساينس، ٢٠١ : ٣٦٩، ١٩٧٨. حقوق الطبع محفوظة للجمعية الأمريكية لتقدم العلوم).

CHAPTER 26 الباب السادس والعشرون

الاستجابة والتناسق في النباتات
RESPONSIVENESS AND COORDINATION IN PLANTS

IMPORTANCE OF INTERNAL COMMUNICATION	٢٦-١ . أهمية الاتصال الداخلي
GROWTH MOVEMENTS	٢٦-٢ . حركات النمو
THE MECHANISM OF PHOTOTROPISM	٢٦-٣ . آلية الانتحاء الضوئي
THE DISCOVERY AND ROLE OF AUXIN	٢٦-٤ . إكتشاف ودور الأوكسين
OTHER AUXIN ACTIVITIES	٢٦-٥ . نشاطات أخرى للأوكسين
HOW DO AUXINS WORK ?	٢٦-٦ . كيف تعمل الأوكسينات؟
THE GIBBERELLINS	٢٦-٧ . الجبريلينات
THE CYTOKININS	٢٦-٨ . السيتوكينينات
ABSCISIC ACID (A B C)	٢٦-٩ . حامض الأبسيسيك (ا ب ا)
ETHYLENE	٢٦-١٠ . الايثيلين
THE FLOWERING PROCESS	عملية الازهار
FACTORS THAT INITIAE FLOWERING	٢٦-١١ . العوامل البادئة للازهار
THE MECHANISM OF PHOTOPERIODISM	٢٦-١٢ . آلية التوقيت الضوئي
THE DISCOVERY OF PHYTOCHROME	٢٦-١٣ . إكتشاف الفيتوكروم
OTHER PHYTOCHROME ACTIVITIES	٢٦-١٤ . نشاطات أخرى للفيتوكروم

الباب السادس والعشرون

الاستجابة والتناسق في النباتات

إحدى أهم الصفات المميزة للكائنات الحية، في مقابل الجمادات، هي أن الكائنات الحية قادرة على الاستجابة بنشاط لتغيرات معينة في البيئة. هذه التغيرات البيئية تعمل كمنبهات Stimuli تحفز إستجابة معينة من جانب الكائن الحى. عند إظلام الجو حول النبات الحساس ست الحسن *Mimosa pudica* فان الوريقات على جانبي العرق الوسطى تنطبق على بعضها (الشكل ٢٦-١). وعند سقوط الضوء على النبات مرة أخرى فان الوريقات تنتشر وتعود إلى وضعها السابق. المنبة هنا هو وجود أو غياب الاضاءة والاستجابة هي حركة الوريقات.

٢٦-١. أهمية الاتصال الداخلي

IMPORTANCE OF INTERNAL COMMUNICATION

تتطلب الاستجابة في الكائنات عديدة الخلايا تناسق ملائم بين الأجزاء. والقليل من ردود الفعل يمكن تحقيقها بنجاح إذا إستجابت كل خلية من خلايا الكائن للمنبة بنفس الطريقة. ولكي يمكنك أن تجري فإنه لابد أن تنقبض لديك بعض الألياف العضلية بينما تنبسط ألياف أخرى. ولابد أن يمدك الكبد بوقود إضافي للعضلات. ولابد للرئتين أن تمدانك بكميات زائدة من الاوكسجين وأن تسحبا كميات زائدة من ثانى أوكسيد الكربون. بعبارة أخرى، فانه من أجل أن يستجيب جسمك كله لمنبه معين فان أجهزته وأعضاءه وأنسجته وخلاياه لابد أن تستجيب بطرق متنوعة خاصة. أضف إلى ذلك، أن إستجابة الأجزاء المختلفة من جسمك لا بد أن تتوافق بعناية مع



الشكل ٢٦-١. النبات الحساس ميموزا بوديكا. الظلام واللمس والحرارة وبعض الكيماويات تجعل الوريقات تنطبق على أنفسها (الصورة اليمنى).

إستجابة كل الأجزاء الأخرى. هذه القابلية للخلايا والأنسجة والأعضاء و الأجهزة المفردة للأستجابة التوافقية لنشاطات الأجزاء الأخرى تتطلب شكل من أشكال الإتصال فيما بينها.

هناك نوعان مختلفان، ولكن مرتبطان، من الاتصال الداخلى في الحيوانات. أحد هذين النوعين وهو الجهاز العصبي nervous system يعمل بسرعة فائقة. خلايا متخصصة، هي الخلايا العصبية neurons، تنقل النبضات الكهروكيميائية من أحد أجزاء الجسم إلى الآخر. هذه النبضات تحقق الاتصال السريع والموضعى بين الأجزاء. لهذه النبضات عمر قصير وهي منفصلة تماما عن بعضها البعض. وعلى ذلك تكون الاستجابات العصبية عادة قصيرة، متقطعة، ولا تستمر لفترات زمنية طويلة إلا إذا استمر المنبة.

جهاز الإتصال الثاني، وهو جهاز الغدد الصماء endocrine system عادة ما يكون

أبطأ في عمله. غدد متخصصة، هي الغدد الصماء، تفرز هرمونات hormones في تيار الدم أو السوائل الدورية الأخرى. الهرمونات هي مواد كيميائية يحملها الجهاز الدورى إلى كل خلية من خلايا الجسم. أحيانا يستجيب عدد قليل من الخلايا لوجود هذه الهرمونات و أحيانا يستجيب لها عدد كبير من الخلايا. عادة تحدث الاستجابة على هيئة تغير في النشاط الأيضى للخلية أو النسيج أو العضو المستهدف. وقد تستمر هذه التغيرات لفترات زمنية طويلة.

تختلف النباتات عن الحيوانات في عدم وجود جهاز عصبي بها لذلك فأن ردود الفعل السريعة الموضعية تكاد تكون غير معروفة في المملكة النباتية. قلة من النباتات مع ذلك توجد بها حركات سريعة. عند لدغ وريقات نبات ست الحسن فانها تنطبق على نفسها. هذا التغير يحدث كنتيجة للفقد المفاجيء للامتلاء في كتلة خاصة من الخلايا البرانشيمية عند قاعدة كل وريقة. إذا لدغ المرء الوريقات الطرفية فقط فان الوريقات تنطبق على بعضها في أزواج إبتداء من القمة ومتجهة نحو القاعدة. من المؤكد أنها تبدو كما أن هناك منبه يمر في الورقة من أعلى إلى أسفل. وربما كان هذا المنبه مركب كيميائي يسرى خلال الحزم الوعائية. وعلى الرغم من عدم وجود أعصاب إلا أن هناك دليل على سريان نبضات كهربية محددة خلال الورقة.

في معظم الأحيان تحقق النباتات الاستجابة والتناسق بواسطة جهاز من أدوات التنسيق الكيميائية، وهي الهرمونات النباتية. لا تزال معارفنا عن طبيعة وتداخل المنظمات النباتية المختلفة غير متكاملة. في هذا الباب سوف ندرس بعضا مما توصلت إليه التجارب وبعض النظريات الشائعة حول آليات التناسق في النباتات.

٢٦-٢. حركات النمو GROWTH MOVEMENTS

فيما عدا الحركات الناشئة عن الامتلاء، فان النباتات تستجيب للتغيرات البيئية بالنمو. ومن الطبيعي أن يستغرق هذا النوع من الاستجابة فترة زمنية أطول مما تحتاج إليها الاستجابة الناشئة عن الامتلاء أو إستجابة الجهاز العصبي في الحيوانات. قد تشتمل إستجابة النمو على نمو أحد أجزاء النبات أسرع من جزء آخر. مثل هذه الاستجابة تؤدى إلى حركة محددة وان كانت بطيئة نسبيا. هناك نوعان من حركات النمو

في النباتات كاستجابة للمنبهات الخارجية.

١- الحركات الناستية NASTIC MOVEMENTS

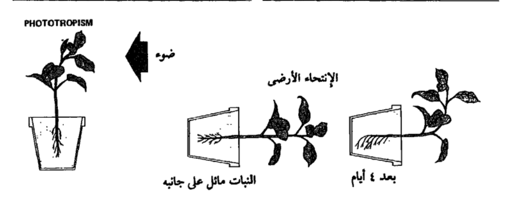
الحركة الناستية هي إستجابة لا تعتمد على إتجاه سقوط المنبه الخارجي على الكائن. تفتح أزهار معينة بعد شروق الشمس هو مثال للحركات الناستية. فالاضاءة من أي إتجاه سوف تحفز الاستجابة، والاستجابة غير موجهة في إتجاه المنبة. على الرغم من أن معظم الحركات الناستية تشتمل على نمو تفاضلي، أي نمو أسرع في أجزاء معينة عنه في أجزاء أخرى، فان بعضها - مثل إستجابة وريقات نبات ست الحسن - تكون حركات ناشئة عن الامتلاء.

٢- الانتحاءات TROPISMS

الانتحاء هو حركة نمو تعتمد في إتجاهها على الاتجاه الذي يسقط منه المنبه على النبات. إذا نما الجزء النباتي في نفس الاتجاه الذي نشأ منه المنبه فان الانتحاء يعتبر موجبا. النمو في الاتجاه المضاد يشكل إنتحاء سالب.

معروف منذ سنوات عديدة أن النباتات تستجيب لمنبه الضوء و منبه الجاذبية الأرضية. الاستجابة الأولى تسمى الانتحاء الضوئي Phototropism والثانية تسمى الانتحاء الأرضى Geotropism. السوق لها إنتحاء ضوئي موجب فهي تنمو في إتجاه الضوء. الجذور لها إنتحاء أرضى موجب بينما يكون للسوق إنتحاء أرضى سالب (٢٦-٢). تبدو قيمة هذه الإستجابات بالنسبة للنبات واضحة. فالجذور التي تنمو لأسفل و/أو بعيدا عن الضوء تجد طريقها إلى التربة والماء والمعادن. أما السوق التي تنمو لأعلى أو نحو الضوء ستكون قادرة على تعريض أوراقها للضوء حتى يمكن أن يحدث البناء الضوئى.

بالاضافة إلى حركات النمو، فنحن نعرف أن الكثير من التغيرات التكوينية developmental في النباتات تحدث كاستجابة لمنبهات بيئية. إنبات البذور، واستئناف نمو النباتات المعمرة في الربيع، وتكوين الأزهار كلها تحدث كنتيجة لحوافز بيئية. المشكلة المتعلقة بفهم كيفية إستجابة النباتات للتغيرات البيئية هي مشكلة ذات شقين. أولا لابد أن نكتشف كيف يميز النبات المنبة الخاص. ثانيا لابد أن نكتشف كيف



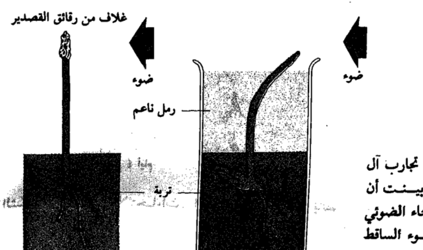
الشكـل ٢٦-٢ . الانتحـاءات. اتجاه نمو النبات يتأثر بالضوء (الانتحاء الضوئي) وبالجاذبية الأرضية (الانتحاء الأرضى).

تتناسق الأنسجة المختلفة في النبات عند القيام بالاستجابة.

٢٦-٣. آلية الانتحاء الضوئي THE MECHANISM OF PHOTOTROPISM

جاءت أول مفاتيح لفهم آليات التناسق في النباتات من خلال دراسة قام بها تشارلز داروين وإبنه فرانسيس في عام ١٨٨٠ . فقد إكتشفا أنه عند إزالة القمة من ساق نامى فان الساق يتوقف عن الانتحاء الضوئي . لقد كان ذلك مثيرا للدهشة خاصة على ضوء اكتشافهما الثاني: أن الانحناء في ساق النبات يحدث في المنطقة التي تقع خلف القمة. لقد وجدا أنه عند وضع غطاء معتم على قمة النبات فان الانتحاء الضوئي لا يحدث على الرغم من أن بقية الساق يسقط عليها الضوء من جانب واحد. من ناحية أخرى ، عندما دفنا النبات في رمل ناعم أسود بحيث كانت القمة فقط مكشوفة لم يحدث تعطيل للانتحاء الضوئي. وعندما أضيئت القمة من جانب واحد فان الساق المدفون إنتحى بسرعة في إتجاه الضوء (الشكل ٢٦-٣). بدا واضحا تماما من هذه التجارب أن المنبه (الضوء) يتم إكتشافه عند مكان واحد (القمة) وأن الاستجابة (الانحناء) تحدث في مكان اخر (منطقة الاستطالة). وهذا يعني أن القمة كانت على إ تصال بطريقة ما مع منطقة الاستطالة.

لقد قام آل داروين بتأكيد هذه النتائج باستخدام عدة أنواع نباتية أخرى. ووجدا أن بادرات النجيليات كانت عينات سهلة بصفة خاصة لمثل هذا النوع من التجارب. فعند إنبات بذور النجيليات فان الورقة الأولية تخترق أغلفة البذور وطبقات التربة. وعنـدما تفعل ذلك فان تركيبا أسطوانيا أجوف ، وهو غمد الريشـة Coleaptile ،

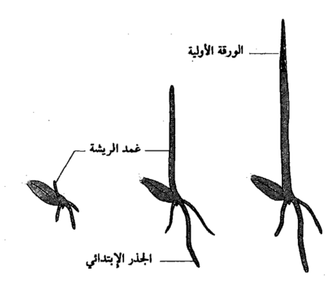


الشكل ٢٦-٣. تجارب آل داروين التي بينت أن الاستجابة للانتحاء الضوئي تعتمد على الضوء الساقط على النبات.

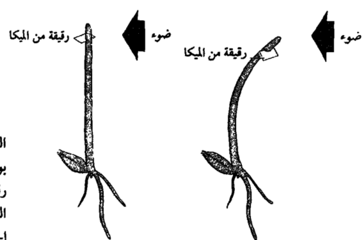
يحميها من التهتك (الشكل ٢٦-٤). و بمجرد أن تكبر البادرة وتظهر فوق سطح الأرض يتوقف نمو غمد الريشة وتخترقه الورقة الأولية.

لقد وجد آل داروين أن قمة غمد الريشة ضرورية للانتحاء الضوئي في بادرات النجيليات تماما كما تكون قمة الساق ضرورية بالنسبة للبادرات الأكبر عمرا أو في ذوات الفلقتين مثل البقوليات. كذلك وجدا أن الانحناء الفعلى لغمد الريشة يحدث في المنطقة التي تقع أسفل القمة لذلك يبدو أن نظام للاتصال موجود هنا كذلك.

في عام ١٩١٣ أوضح العالم الدانماركي بويسن - جنسين أن هذا الاتصال لابد أن يتم بواسطة مادة كيميائية تسرى من قمة غمد الريشة إلى أسفل. فقد أزال قمة غمد



الشكل ٢٦-٤. مراحل انبات بذرة الشوفان.



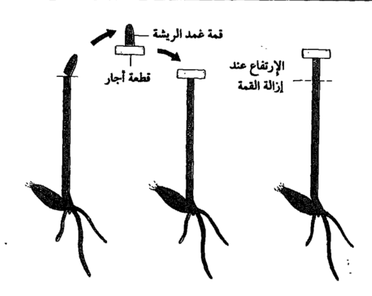
الشكل ٢٦-٥. تجارب بويسن - جنسن. تعرقل رقيقة الميكا استجابة الانتحاء الضوئي فقط عند غرسها في الجانب المظلل.

الريشة ووضع مكانها قطعة من الجيلاتين ثم أعاد القمة إلى مكانها. وبقى الانتحاء الضوئي يحدث بنجاح. ومع ذلك فقد منعت قطعة من مادة غير منفذة، مثل الميكا mica حدوث إستجابة الانتحاء الضوئي. ومن المثير للاهتمام أن هذا المنع يحدث فقط حينما تفصل شريحة الميكا القمة عن الجذع في الجانب الظليل من النبات. عند عمل قطع أفقى في الجانب المضاء من النبات وغرس شريحة الميكا فيه فانه لايحدث منع للانتحاء الضوئى. وقد أوضح ذلك أن المنسق الكيميائي يسرى إلى أسفل في الجزء المعتم فقط من البادرة. كما أوضح أن هذا المنسق الكيميائي كان منشطا للنمو، حيث أن استجابة الإنتحاء الضوئي تشتمل على إستطالة أسرع للخلايا في الجانب المعتم عنها في الجانب المضىء (الشكل ٢٦-٥).

٢٦-٤ . اكتشاف ودور الأوكسين THE DISCOVERY AND ROLE OF AUXIN

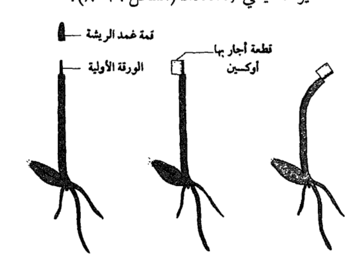
كان أول من عزل هذا المنشط للنمو هو ف. و. ونت. فقد فصل القمم من عدة أغماد ريشة لنبات الشوفان *Avena sativa* ، وهو نبات نجيلى، ووضع هذه القمم على قطعة من الأجار وتركها لعدة ساعات. عند نهاية هذه الفترة، كان بامكان قطعة الأجار إحداث إستئناف للنمو في غمد ريشة نزعت قمته (الشكل ٢٦-٦).

كان النمو رأسيا لأن قطعة الأجار وضعت على كل عرض جذع غمد الريشة ولم يصل الضوء إلى النبات من أحد الجوانب. وقد بينت هذه التجربة أن هذا المنشط الكيميائي للنمو قد انتشر من القمم إلى قطعة الأجار. وقد سميت هذه المادة بالأوكسين AUXIN.

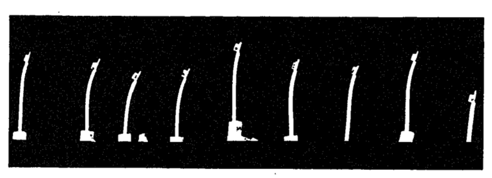


الشكل ٢٦-٦: تجربة ونت بينت أن المنبه الكيميائي للنمو - الأوكسين يمكن استخلاصة من قمم أغماد الريشة ويظل محتفظا بفاعليته. ينبغي وضع عدة قمم على قطعة الأجار للحصول على استجابة جيدة.

من سوء الحظ، أن كمية هذا المنشط في قمم أغماد الريشة كانت أقل بكثير من أن تُعزل كيميائيا. لذلك جرى البحث عن مصادر أخرى للأوكسين. في هذا البحث، كانت الطريقة التي ابتكرها ونت لتحديد الكمية النسبية لنشاط الأوكسجين في أي عينة عونا كبيرا للباحثين. توضع العينة داخل قطعة من الأجار ثم توضع قطعة الأجار على أحد جوانب غمد الريشة منزوع القمة (الشكل ٢٦-٧). كلما إنتشر الأوكسين إلى جانب الريشة فانه ينشط إستطالة الخلايا وينتحى غمد الريشة بعيدا عن قطعة الأجار. تتناسب درجة الانحناء التي تقاس بعد $1\frac{1}{2}$ ساعة مع كمية نشاط الأوكسين (مثل عدد القمم المستعملة) في قطعة الأجار. استعمال كائن حي لتحديد كمية مادة معينة يسمى التقدير الأحيائي bioassay (الشكل ٢٦-٨).



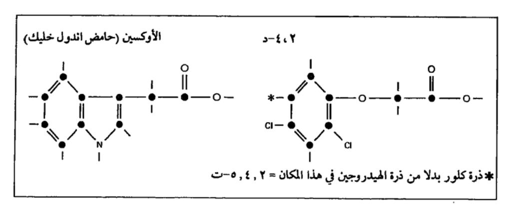
الشكل ٢٦-٧. إختبار الشوفان. درجة الانحناء تتناسب مع كمية نشاط الأوكسين في قطعة الاجار. إستخدام كائن حي لتحديد كمية نشاط مادة يسمى التقدير الأحيائي.



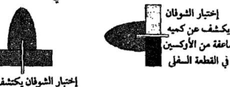
الشكل (٢٦-٨). سجل مصور لاختبار الشوفان. (بتصريح من الدكتور كينيث ف. ثيمان).

بأستعمال طريقة ونت، سرعان ما وجد أن الأوكسينات واسعة الإنتشار في الطبيعة. وقد تم عزل واحد من أقوى الأوكسينات لأول مرة من بول الانسان. إنه حامض الاندول خليك indolacetic acid أو IAA (الشكل ٢٦-٩). على الرغم من أنه ليس إلا واحداً من مواد عديدة منشطة للنمو تم اكتشافها، إلا أن هناك دليل قوى على أنه أهم أوكسين تنتجه النباتات.

يرجع الفضل إلى ونت أيضا لاكتشافه أن التوزيع غير المتساوى للأوكسين هو المسئول عن الانحناء في الانتحاء الضوئي. فعند وضع قمة غمد الريشة كانت قد سبقت إضاءتها من جانب واحد فوق قطعتين منفصلتين من الأجار (الشكل ٢٦-١٠) فان قطعة الأجار التي تحمل الجانب الذي كان معتما تتراكم فيها كمية من الأكسين تساوي تقريبا ضعف كمية الأكسين المتراكم في القطعة التي تحمل الجانب الذي كان



الشكل (٢٦-٩). التركيب الجزيئي لهرمون نباتي طبيعي (أوكسين) ومبيد الحشائش ٢، ٤-د. خليط من ٢, ٤ و ٥-ت هو العامل البرتقالي الذي إستخدمته القوات الأمريكية لتساقط أوراق الغابات في فيتنام الجنوبية. الدوائر المصمته تمثل ذرات الكربون، والخطوط القصيرة تمثل ذرات الهيدروجين.







الشكل (٢٦-١٠). التوزيع غير المتساوى للأوكسين في الإنتحاء الضوئي والانتحاء الأرضى. في النبات الكامل، ينمو جانب غمد الريشة الذي تلقى كمية أكبر من الأوكسين أسرع وذلك يؤدى الى الانحناء نحو الضوء وبعيدا عن قوة الجاذبية الأرضية.

مضاءا. وهذا يفسر لماذا تحدث إستطالة الخلايا بصورة أسرع في الجانب المعتم من النبات.

التوزيع غير المتساوى للأوكسين يفسر أيضا الانتحاء الأرضي السالب للساق. فعند وضع قمة غمد الريشة على قطعتين منفصلتين من الأجار، كما هو مبين في الجانب الأيسر من الشكل ٢٦-١٠ (ب) فانه لا يوجد إختلاف في النشاط الأوكسينى الذي تلتقطه القطعتان. وعند وضع قطعتى الأجار على قمة غمد الريشة وهي مقلوبة على جانبها فإن القطعة السفلى تتلقى ضعف ما تتلقاه القطعة العليا من نشاط أوكسيني. في الظروف الطبيعية فان ذلك يؤدى إلى استطالة أكبر لخلايا الجانب السفلى من غمد الريشة، ولذلك ينحنى النبات إلى أعلى (الشكل ٢٦-٢).

على الرغم من أننا إكتشفنا آلية التناسق في هذه الاستجابات النباتية فاننا لازلنا نجهل كيفية تلقى المنبهات البيئية. في حالة الانتحاء الضوئي، فاننا نفترض وجود صبغة تمتص الضوء. حامض الاندول خليك لا يمكنه القيام بهذا الدور لأنه لا يمتص الضوء المرئي. وحيث أن الاستجابة للانتحاء الضوئي تكون شديدة الحساسية للضوء الأزرق فان الصبغة ربما كانت صفراء اللون، والاحتمال الأكبر أنها من أشباه الكاروتينات (أنظر الشكل ٨-٦).

٢٦-٥. نشاطات أخرى للأوكسين OTHER AUXIN ACTIVITIES

لقد فتح إكتشاف الأوكسين مجالا خصبا للبحث العلمى. ففي خلال فترة وجيزة من الزمن وجد أن الأوكسينات تشارك في تناسق عدد من النشاطات النباتية.

١ ـ تكوين الثمار FRUIT DEVELOPMENT

تلقيح الأزهـار في كاسيات البذور يحفز عملية تكوين البذور. وكل بذرة تحتوي بداخلها على جنين نبات جديد. وكلما نضجت البذور فان أجزاء الزهرة المحيطة بها تشكل غطاء لها هو الثمرة. ومن المعروف الآن أنه كلما تكونت البذور فانها تفرز أوكسين في الأجزاء الزهرية المحيطة بها ومن ثم تحفز نمو الثمرة. في الواقع أنه يمكن حفز نمو الثمار في أزهار لم يتم تلقيحها بمجرد وضع الأوكسين في الزهرة. هذه ليست مجرد تجارب معملية. فالعديد من منتجى الطماطم يعمدون إلى هذه الطريقة لحفز تكوين الثمار. ولا يضمن ذلك أن كل الأزهار سوف تعطى ثماراً فقط وانما يزيد أيضا من إحتمال أن تكون كل الثمار مهيأة للجنى في وقت واحد.

٢ ـ السيادة القمية APICAL DOMINANCE

كقـاعـدة عامـة فان نمو قمة الساق يوقف نمو البراعم الجانبية المنتشرة على هذه السـاق. هذا المنـع يسمى السيادة القمية. في الأشجـار التى تكون لها جذع مفرد ومستقيم (مثل معظم الصنوبريات) تكون السيادة القمية أوضح ما يمكن. في النباتات الشجيرية ذات النمو المنخفض والتفرع الغزير تكون السيادة القمية أقل وضوحا. عند إزالة البرعم الطرفي فإن هذا التوقف يزول معه (الشكل ٢٦ ـ ١١) عندئذ تبدأ البراعم الجانبية في النمو. يستغل البستانيون هذه القاعدة بانتظام عند تقليم البراعم الطرفية

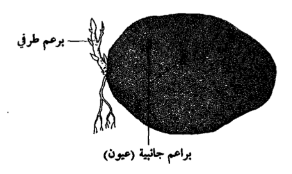


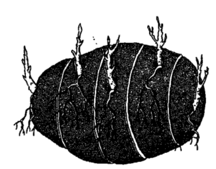
الشكل (٢٦-١١). السيادة القمية. انتقال الأوكسين من البرعم الطرفي (الى اليسار) أو من قطعة أجار بها أوكسين (الى اليمين) يمنع نمو البراعم الجانبية. غياب مصدر للأوكسين يمكن البراعم الجانبية من النمو (في الوسط).

لشجيرات الزينة. التخلص من السيادة القمية يمكن الأفرع الجانبية من النمو وتصبح الشجيرات أكثر إمتلاءا وأقل نحولا. لابد من تكرار العملية بصورة دورية لأن واحد أو إثنين من البراعم الجانبية سوف يتغلب في النهاية ويعيد فرض سيادته القمية على الآخرين.

يبدو أن السيادة القمية تنتج من الانتقال إلى أسفل للأوكسين الذي ينتجة النسيج الانشائي القمى. في الواقع، فانه إذا ما أزيل هذا النسيج الانشائي القمى ووضع مكانه قطعة أجار محتوية على الأوكسين عند قمة الجذع المقطوع فان ذلك يحافظ على تثبيط البراعم الجانبية (الشكل ٢٦-١١). أما قطعة الأجار الخالية من الأوكسين فلا يكون لها مثل هذا التأثير.

يمكن بسهولة توضيح مبدأ السيادة القمية في المعمل. فالبطاطس المألوفة ما هي في الواقع إلا جزء من الساق الأرضية لنبات البطاطس ولها برعم طرفى (قمى) أو عين وعدة براعم جانبية. بعد فترة طويلة من التخزين ينمو البرعم الطرفي ولكن البراعم الجانبية لا تنمو. ومع ذلك، فعند تقطيع البطاطس إلى عدة شرائح تحتوي كل منها على برعم، فان البراعم الجانبية لا تلبث أن تنمو بنفس سرعة نمو البرعم الطرفى (الشكل ٢٦-١٢).





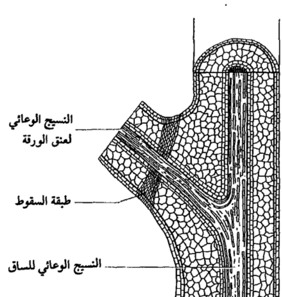
الشكل (٢٦-١٢). السيادة القمية في نبات البطاطس. وماهي أوجة الشبه بين هذا الشكل والأشكال المبينة في الشكل ٢٦-١١؟

٣ ــ التساقط ABSCISSION

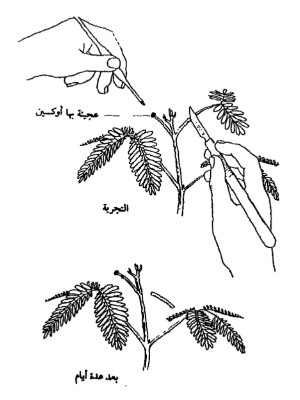
لقد وجد أن الأوكسين يلعب دورا هاما في سقوط الأوراق والثمار. فالأوراق والثمار الحديثة تنتج الأوكسين، وطالما فعلت ذلك فانها تبقى متصلة بالساق بقوة. عندما يتناقص انتاج الأوكسين فان طبقة خاصة من الخلايا تتكون عند قاعدة عنق الورقة أو عنق الثمرة. هذه الطبقة من الخلايا تسمى طبقة السقوط (الشكل ٢٦-١٣). وسرعان ما ينكسر عنق الورقة أو عنق الثمرة عند هذه النقطة فتسقط الورقة أو الثمرة على الأرض.

ويمكن توضيح ذلك بسهولة في المعمل. فعند إزالة نصل ورقة من نبات الكوليس Coleus (كما في الشكل ٢٦-١٤) فان العنق يظل متصلا بالساق لعدة أيام فقط. ويبدو أن الحافز هنا هو إزالة النصل حيث أن الأوراق الكاملة تبقى على النبات لفترة أطول من ذلك بكثير. أما إذا وضع الأوكسين عند الطرف المقطوع للعنق (الشكل ٢٦-١٤) فان تساقط العنق يتأخر كثيرا.

لقد إستغل منتجو التفاح والبرتقال قدرة الأوكسين على تأخير التساقط. فثمار هذين النوعين تتساقط غالبا قبل أن يكتمل نضجها وقد يؤدى ذلك إلى خسائر مادية فادحة للمنتج. ولكن رش الأوكسينات بعناية يقلل كثيرا من الخسائر الناجمة عن السقوط قبل النضج.



الشكل (٢٦-١٣). طبقة السقوط. عندما تسقط الأوراق والثمار من النباتات فان الانفصال يحدث عند طبقة السقوط.



الشكل (٢٦-١٤). دور الأوكسين في التساقط. يسقط عنق الورقة التي أزيل نصلها بسرعة الا اذا وضع الأوكسين على السطح المقطوع.

أما عن أسباب الأنتاج المنخفض من الأوكسينات في الأوراق والثمار الناضجة فانها غير واضحة تماما. فالأوراق المظللة تماما بأخرى أعلى منها سرعان ما تتوقف عن إنتاج الأوكسين وتسقط. وهذا تحور مهم للنبات لأن الأوراق المظللة تحتاج إلى غذاء ولكنها لا تستطيع إنتاجه بالبناء الضوئي. وهي بذلك تصبح عبء على النبات.

في الخريف تتساقط كل أوراق الأشجار النفضية. وذلك أيضا تحور مهم لأنه يقلل مساحة سطح النبات وبالتالي يقلل من فقد الماء وحمل الثلوج أما فيما يخص أيض النبات فان الجو المتجمد يكافيء الجفاف. ولذلك فان تساقط الأوراق يعمل على المحافظة على الماء ويقلل من الآثار المدمرة للجليد في الشتاء. (معظم الأنواع مستديمة الخضرة التي تعيش في جو بارد تكون أوراقها إبرية وهي ضيقة جداً ولها غطاء سميك وغير منفذ للماء من الأدمة. الشكل يساعد في نفض الجليد عنها والأدمة تقلل من فقد الماء).

٤ ـ نشأة الجذور ROOT INITIATION

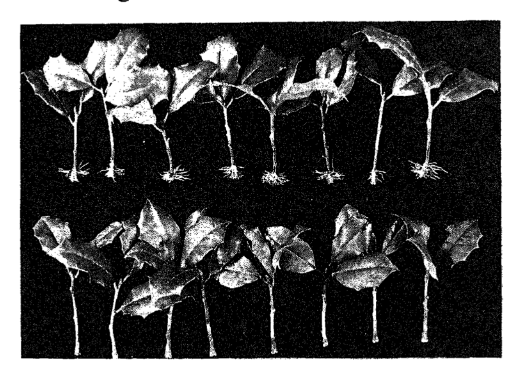
الأوكسينات تحفز أيضا تكوين الجذور العَرَضية adventitious roots في الكثير من الأنواع. وتنشأ الجذور العرضية من السوق والأوراق بدلا من أن تنشأ من المجموع

الجذرى الأصلى للنبات. وقد يقوم البستانيون باكثار النباتات المرغوب فيها بوضع قطع من الساق رأسيا في رمل مبلل وبعد مدة تنمو الجذور العرضية من قاعدة كل عقلة. ويبدو أن تكوين هذه الجذور يعتمد فيها يعتمد على وجود الأوكسين الذي ينتقل من الأجزاء العليا للعقل. الكثير من البستانيين حاليا يزيدون من سرعة العملية بمعالجة العقل أولا بمحاليل أو مساحيق تحتوي على أوكسينات تخليقية (الشكل ٢٦-١٥).

٢٦-٦. كيف تعمل الاوكسينات؟ HOW DO AUXINS WORK

كما رأينا فان الأوكسينات تؤثر على عدة أنواع من الانسجة النباتية بعدة أنواع من الطرق. بعض الأنسجة (مثل غمد الريشة وجدار المبيض) يتم تنشيطها بالأوكسينات. البعض الآخر (مثل البراعم الجانبية) يتم تثبيطها. كيف يمكن لجزيء واحد صغير من هذا النوع أن يؤدى إلى هذه التأثيرات المتباينة؟

الاجابة لازالت غير معروفة على وجه اليقين. فإنه يمكن إرجاع على الأقل بعض



الشكل (٢٦-١٥). الى أعلى: عقل من نبات الهولى الأمريكي معاملة بأوكسين تخليقي (حامض بيتا - أندول - بيوتيريك). الصف الأسفل: عقل غير معاملة. (بتصريح من بول س. مارت، وزارة الزراعة الأمريكية، بلتسفيل).

تأثيرات الأوكسين على الخلايا النباتية إلى تأثيره على الجينات نفسها. فالتأثير المنشط للأوكسين على الريشة ونمو الساق يمكن منعه باستخدام المضاد الحيوى أكتينومايسين د actinomycin. وكما عرفنا في الباب الخامس فان الأكتينومايسين د يتحد مع الحامض DNA ويمنع نسخه بواسطة بوليمريز الحامض RNA. وعلى ذلك فان منع نشاط الأوكسين بواسطة الأكتينومايسين د يرجح أن تأثيراً واحداً على الأقل للأوكسين يكون على نسخ الجينات. وقد تأكد ذلك باكتشاف أنه عند معالجة الأنوية النباتية المعزولة بحامض إندول خليك فإنه سرعان ما تحدث زيادة ملحوظة في إنتاج الحامض RNA. ولكن عند إضافة الأكتينومايسين د إلى التجربة فان هذه الزيادة تتوقف.

معالجة الخلايا النباتية بالأوكسين تؤدى إلى زيادة ليس فقط في تخليق الحامض RNA ولكن أيضا في تخليق البروتين. ولكن هذا متوقع على ضوء الأدوار التي تلعبها جزيئات الأحماض RNA المراسل والريبوسومى و الناقل في تخليق البروتين.

ليس معروفا حتى الآن على وجه اليقين كيف يتفاعل الأوكسين مع الشفرة الوراثية لفك الجينات. ومع ذلك فهناك دليل على أن الأوكسين يكون نشيطا داخل الخلية فقط عندما يكون متصلا بجزيء بروتين خاص. أضف إلى ذلك أن طبيعة هذا البروتين المتحد مع الأوكسين تختلف من أحد أنواع الخلايا إلى الآخر. يرتبط معقد الأوكسين والبروتين مع الكروماتين في النواة، وعندما يحدث ذلك ينشط تخليق الحامض RNA. وعلى ذلك فان الموقف يبدو مشابها لما وجدناه في حالة معقد الستيرويد والمستقبل الذي يتحد مع الكروماتين في خلايا بطانة الرحم وقناة البيض في الدجاج (أنظر القسم ١٥-٢).

البعض من النشاطات المتنوعة للأوكسين يحدث بسرعة أكبر من أن تكون نتيجة لتنشيط الجينات. وعلى ذلك فلا بد أن الأوكسين يؤثر على نشاطات الخلايا بطرق أخرى أسرع. أما كيف تتم هذه التأثيرات السريعة فانه لايزال غير معروف.

٢٦-٧. الجبريللينات THE GIBBERELLIN

بالاضافة إلى الأوكسينات فقد تم إكتشاف مواد أخرى منشطة للنمو. ففي الثلاثينيات عزل العلماء اليابانيون مثل هذه المادة من مزرعة لفطر يتطفل على نباتات

الأرز. ولقد أطلقوا على هذه المادة اسم الجيبريللين. بعد الحرب العالمية الثانية إستأنف العلماء في بلدان أخرى هذا البحث وقاموا بعزل أكثر من ٣٠ مادة أخرى وثيقة الصلة تعرف في مجموعها الآن باسم الجيبريللينات.

ربما كان أكبر تأثير للجيبريللينات على نمو الساق. فعندما تستعمل بتركيزات منخفضة مع نبات الفول القزم يأخذ الساق في النمو بسرعة ويصبح طول السلاميات كبيرا لدرجة أن النبات لا يمكن تمييزه عن الفول المتسلق. ويبدو أن الجيبريللين يستطيع تخطى كل العقبات الوراثية في الكثير من أنواع النباتات القزمية.

على الرغم من أن الجيبريللينات تشبه الأوكسينات إلى حد ما من حيث تنشيطها لنمو الساق فانها لا تصنف مع الأوكسينات، إذ أن تركيبها الجزيئى مختلف تماما كما أنها لا تؤدى إلى أي إستجابة في إختبار غمد الريشة.

الجيبريللينات (مثل الأوكسينات) تم عزلها لأول مرة من مصادر غير النباتات الراقية نفسها. وهذا بالطبع يثير التساؤل عما إذا كانت من بين المكونات الطبيعية للنباتات الراقية. وإذا كان الامر كذلك فما هو الدور الذي تلعبه في آليات التناسق الطبيعية في النبات. بالاضافة إلى دورها في تنشيط نمو الساق فانه يبدو أنها المنشطات الرئيسية لنمو الجذور. فمعالجة نباتات معينة (مثل السبانخ والكرنب) بالجيبريللينات تنشط تكوين الأزهار. ومما يوضح أن هذا من بين نشاطاتها الطبيعية أن أنسجة هذه النباتات تحتوي على كميات زائدة من الجيبريللينات عندما تكون جاهزة للإزهار.

يبدو كذلك أن الجيبريللينات تلعب دورا في نمو البراعم. عند جمع البطاطس فانه لا البرعم الطرفى ولا البر اعم الجانبية تكون مستعدة للنمو (الشكل ٢٦-١٢) ومع ذلك فعند معالجة البرعم الطرفي بالجيبريللين فانه سرعان ما ينمو. وفي الأنواع الخشبية مثل الخوخ والبيتولا والجميز يبدو أن تخليق الجيبريللينات في الربيع هو الذي يحفز نمو البراعم التى كانت كامنه أثناء الشتاء.

إنبات البذور هو مرحلة أخرى من مراحل عمر النبات التي قد تلعب فيها الجيبريللينات دورا رئيسيا. فقد تتذكر أن معظم المخزون الغذائي في محاصيل الحبوب مثل الشعير والقمح والأرز والذرة يكون مختزناً في الاندوسبرم (الشكل ١٦-١٠). واحدة من أولى خطوات عملية الانبات في هذه النباتات ذوات الفلقة الواحدة هي

إنتاج الجنين للجيبريللين. يعمل الجيبريللين على الخلايا المحيطة بالاندوسبرم فيجعلهم ينتجون عددا من إنزيمات تميوء خاصة (مثل الأميلين) تهضم النشا والبروتين في الاندوسبرم ومن ثم تجعل السكرات والأحماض الأمينية متاحة للجنين النامى. هذه الإنزيمات تعمل أيضا على تحليل أغلفة البذرة وبالتالي تسهل إختراق الجذير وغمد الريشة لها (الشكل ٢٦-٤). يمكن إعتراض هذا التأثير للجيبريللين بالأكتينومايسين د مما يرجح أن الجيبريللين ينشط الجينات في الخلايا المحيطة بالاندوسبرم. في الواقع فان إستخدام الجيبريللين مع هذه الخلايا ينتج أولاً فيضاً من تخليق الحامض RNA ويتبعه تخليق إنزيمات التميوء المختلفة.

٢٦-٨. السيتوكينينات THE CYTOKININS

تشكل السيتوكينينات مجموعة أخرى من الهرمونات النباتية. من الناحية الكيميائية فان كل واحد منها يحتوى على المادة البيورينية أدنين كجزء من تركيبة الجزيئى. بالاضافة إلى السيتوكينينات التي توجد في الطبيعة فان لعدد من مشتقات الأدنين التخليقية نشاطا سيتوكينينيا قويا.

عندما تعمل السيتوكينينات مع الأوكسين فانها تشجع بقوة الانقسام غير المباشر في الأنسجة الانشائية. المخزون الغذائي لبعض البذور يحتوي على السيتوكينين. ويبدو أن هذا السيتوكينين يمدها بالمنبه الكيميائي اللازم للانقسام غير المباشر بسرعة في البادرة النامية. كذلك تشجع السيتوكينيات على تشكل الخلايا الناتجة في الأنسجة المرستيمية.

بالاضافة إلى ما للسيتوكينينات من تأثير منشط للنمو فقد وجد أنهم أيضا يعملون على ابطاء الشيخوخة في أجزاء النبات، مثل الأوراق، كما يزيدون من مقاومة أجزاء النبات للتأثيرات الضارة مثل الحرارة المنخفضة، الاصابة بالفيروس، مبيدات الحشائش والاشعاع.

وكما في حالة الأوكسينات والجيبريللينات، فانه يبدو أن بعض تأثيرات السيتوكينينات على الأقل تحدث عن طريق التنشيط الانتخابي للجينات. هناك إنزيمان وجد أنهما بالذات يتأثران بالسيتوكينينات ويمتنع هذا التأثير بواسطة الأكتينومايسين د. بالاضافة

إلى ذلـك فان تخليق الحـامض RNA (ربما كان الحامض المراسل RNA) يزداد بصورة ملحوظة عند معالجة الخلايا النباتية أو الأنوية المعزولة بالسيتوكينينات.

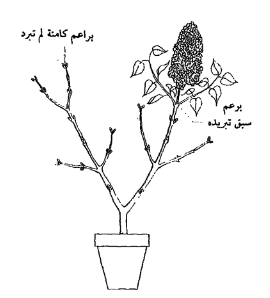
٢٦-٩. حامض الأبسيسك (أ ب أ) ABSCISIC ACID (ABA)

تلعب المثبـطات أيضـا دوراً في تناسق نشاطات النبات. في الخريف، تنتج الأوراق لأشجـار مثـل البتولا والجميز مادة توقف نمو البرعم الطرفي للساق وتحوله إلى برعم كامن. الأوراق الحدثية النامية بالقرب من النسيج الانشائي (أنظر الشكل ١٩-٢) تتحول إلى حراشيف صلبة تغلف النسيج الانشائي تماما وتحمية من التلف والجفاف أثناء شهور الشتاء. المادة المسئولة عن تحويل النسيج الانشائي القمى إلى برعم كامن تم التعرف عليها وأطلق عليها إسم حامض الأبسيسيك. ومن المحتمل أنها تنتقل من المكان الذي تصنع فيه، وهو الأوراق الناضجة للنبات، إلى النسيج الانشائى القمى عن طريق اللحاء.

بمجرد أن يصبح البرعم كامنا فانه عادة لا يمكنه استعادة نشاطه بعودة الدفء و الرطوبة الوفيرة. في بعض الأحيان، لابد من تخليق الجيبرِيللين (ربما كان الحافز لذلك هو تزايد طول النهار في الربيع). في بعض الحالات لابد من التعرض لفترة من درجات الحرارة المنخفضة حتى ينكسر كمون البرعم. فأشجار التفاح والليلاك مثلا لا يمكن زراعتها في المناطق الاستوائية لأن الشتاء فيها لا يصل إلى درجة البرودة الكافية (عدة أيام عند صفر - ١٠°م) لكسر كمون البراعم.

أهمية هذا الكمون المفروض على النبات تبدو واضحة. فاذا لم توجد مثبطات مثل حامض الأبسيسيك في أواخر الخريف وأوائل الشتاء فان فترة غير متوقعة من الدفء قد تحفز نموّ البراعم. ومع عودة الجو المتجمد فانه يقتل كل هذا النمو الجديد بسرعة. هذا الكمون المفروض على النبات، والذي يمكن إنهاؤه إما بفترة طويلة من البرودة أو بعودة النهار الطويل في الربيع، يحمى النبات من التعرض لمثل هذه المخاطر.

كمون البراعم يبدو شيئا محددا في مكانة بدقة. فبالتبريد المسبق يمكن تنشيطُ برعم واحـد على ساق الليلاك فينمـو بينما بقية البراعم التي بقيت بدون تبريد تظل كامنة (الشكل ٢٦-١٦).



الشكل (٢٦-١٦). كسر كمون البراعم في نبات الليلاك بالبرودة الموضعية حتى تحت أنسب الظروف للنمو فان براعم نبات الليلاك لاتنمو بدون تبريد سابق.

الكثير من البذور حديثة التكوين لابد أن تقضى فترة من الكمون الاجبارى قبل أن تستطيع الانبات. وقد يكون حامض الأبسيسيك هو السبب في بعض هذه الحالات (مثل بذور الخوخ) وان كان قد تم إكتشاف مثبطات أخرى. التعرض للتبريد أو في بعض الأحيان لكميات كافية من الماء الذي يغسل المثبط من البذور يكون ضرورياً لحدوث الأنبات. قيمة التبريد بالنسبة للبذرة هي نفسها قيمة التبريد بالنسبة للبراعم. أما بالنسبة للاحتياج للماء - بكمية أكبر مما يلزم لعملية الانبات تفسها - فإنك تتذكر (من القسم ١٦-٩) أن ذلك يضمن أن بذور النباتات الصحراوية لن تنبت إلا إذا كان هناك مطر يكفيها لاكمال دورة حياتها بالكامل.

التأثيرات التثبيطية لحامض الأبسيسيك تفسر كذلك الانتحاء الأرضى الموجب للجذور. يتجمع حامض الأبسيسيك في الجانب السفلى من الجذور الأفقية فيمنع الاستطالة فيه وتؤدى الاستطالة الأسرع للجانب العلوى إلى نمو الجذر إلى أسفل.

وجد كذلك أن حامض الأبسيسيك يسرع من تساقط الأجزاء النباتية المسنة مثل الأوراق والثمار (الشكل ٢٦-١٣). لقد كان هذا التأثير هو السبب في ذلك الاسم.

٢٦-١٠. الايثيلين ETHYLENE

عند جنى ثمار الليمون يكون لونها أخضر بحيث لا يتقبلها المشترى في السوق. وقد إعتاد زارعوا الليمون على تخزين الثمار حديثة الجمع في مستودعات دافئة ورطبة

للأسراع بظهور لون أصفر متجانس عليها. وكانت التدفئة تحدث بواسطة مواقد الكيروسين. وحينما حاول أحد المزارعين إستخدام طريقة حديثة للتدفئة وجد أن ثمارة لم يظهر عليها اللون الأصفر بصورة جيدة . وعندما تتبع هذا الخط في البحث ظهر أن العامل المهم في نضج الثمار ليس هو الحرارة ولكنه الكميات القليلة من غاز الايثلين (CH_2 CH_2) المتصاعد من حرق الكيروسين.

منذ ذلك الوقت وجد أن معظم الثمار تنتج ما يلزمها من الإيثيلن هو الذي يحفز عملية النضج. ومن التغييرات العديدة التي يحدثها الإيثلين تغير في نفاذية أغشية الخلية. ومن الأمور التي تترتب على ذلك السماح لانزيم يحطم الكلوروفيل بالدخول إلى البلاستيدات الخضر. ومع تحطيم الكلوروفيل تظهر الأصباغ الحمراء و/أو الصفراء الموجودة في الخلايا و تتخذ الثمار لونها الدال على النضج.

عملية الإزهار THE FLOWERING PROCESS

واحدة من أهم الوظائف التكوينية في كاسيات البذور هي الازهار. حينما يكون النبات في حالة نمو نشط فان الانقسام غير المباشر في النسيج الانشائي القمى ينتج خلايا تكون المزيد من أنسجة الساق وخلايا تكوين براعم أوراق (الشكل ١٩-٢) تنمو لتعطي أوراقاً بالغة . ومع ذلك فإنه يأتي على النبات وقت (عادة عندما يتوقف النمو) عنده تكوِّن الأنسجة الانشائية بدايات أزهار Flower Primordia. هذه عبارة عن تجمعات من الخلايا تتحول إلى براعم أزهار. والازهار الناتجة من نمو هذه البراعم تحتوي على الأعضاء الجنسية لكاسيات (أو مغطاه) البذور، والتي بدونها لا يحدث تكاثر جنسي.

٢٦-١١ . العوامل البادئة للإزهار
FACTORS THAT INITIAE FLOWERING

دفعت أهمية عملية الازهار الكثير من علماء وظائف أعضاء النبات إلى محاولة إكتشاف العوامل البادئة لها. السؤال ببساطة هو: ماهي أسباب توقف النبات عن إنتاج براعم ورقية ليبدأ في إنتاج براعم زهرية.

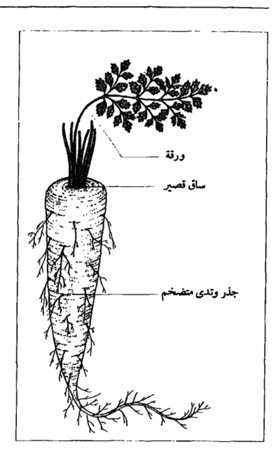
في بعض الحالات يبدو أن المنبة داخلى بالكامل. بعض أصناف الطماطم تنتج

بدايات أزهار بعد أن يكون الساق قد أنتج ١٣ عقدة. لابد من وجود مخزون غذائي كافي في النبات. فاذا لم يكن النبات يقوم بالبناء الضوئي بنشاط فانه سوف يفتقر إلى مخزون الطاقة اللازمة لعملية الازهار.

في أغلب الأحيان يبدو أن المنبة البادىء لعملية الازهار يكون خارجيا. وغالبا ما تكون الحرارة هي المنبة الحرج. وهذا صحيح بصفة خاصة بالنسبة للنباتات ثنائية الحول، أي النباتات التي تحتاج إلى موسمى نمو لكى تكمل دورة حياتها. البنجر والجزر والكرنب هي ثلاثة من النباتات ثنائية الحول الشائعة. في موسم النمو الأول يتكون لها جذور وساق صغير وتجمع من الأوراق (الشكل ٢٦-١٧). أثناء هذا الموسم يختزن الغذاء في المجموع الجذرى. مع حلول الجو البارد تموت القمم. في الموسم التالي تتكون الأزهار على النمو الخضرى الجديد. وبعد اكمال عملية التكاثر يموت النبات كلة. لن يحدث الازهار في الموسم الثاني إلا إذا تعرض النبات للجو البارد في الشتاء.

أثبتت التجارب أنه ليس من الضروري تبريد النبات بأكملة لكى يحدث الازهار البرعم الطرفى هو الذي يستقبل الحرارة وتعرضة لحرارة في المدى صفر- ١٠°م يهيء المجال للازهار. وقد يكون للجيبريللينات دور في هذه العمليات. عند وضع الجيبريللين على برعم طرفى لم يتعرض للبرودة فان النبات يزهر بطريقة طبيعية. أكثر من ذلك، فعند تطعيم نبات ثنائي الحول عولج بالتبريد على نبات لم يعالج بالتبريد فان هذا الأخير أيضا يزهر بقوة وهذا يبين أن تبريد البرعم الطرفى يتبعة إنتاج وانتقال مادة مشجعة على الازهار.

عامل آخر بادىء لعملية الازهار في الكثير من الأنواع النباتية هو التغير في طول فترة الاضاءة اليومية التي يتعرض لها النبات. توصل إلى هذا الاكتشاف إثنان من علماء وظائف أعضاء النبات هما و. و. جارنر و هـ. أ. ألارد من وزارة الزراعة الأمريكية في عام ١٩٢٠. فقد حيرهما وجود واحد من أصناف الدخان (ماريلأند ماموث) لم يزهر في الصيف كبقية الأصناف وعند حماية هذا الصنف في أحد البيوت المحمية ظهرت أزهارة في حوالى وقت عيد الميلاد. بعد عدة تجارب باستخدام إضاءة صناعية في الشتاء واظلام صناعى في الصيف إستنتجا أن طول النهار هو الذي يحكم الاستجابة للازهار. ولقد سميا هذا السلوك التوقيت الضوئي photoperiodism لأن الماريلاند ماموث لا



الشكل (٢٦-١٧). نبات الجزر، ثنائي الحول. حدث الأزهار في أثناء الموسم الثاني للنمو.

يزهر إلا إذا تعرض لفترات قصيرة من الاضاءة ولذلك فإنه يسمى نبات النهار القصير. أنواع النباتات، مثل السبانخ وبنجر السكر والفجل تزهر فقط عندما تتعرض لنهار طويل ولذلك تسمى نباتات النهار الطويل. مجموعة ثالثة من الأنواع، مثل الطماطم، متعادلة النهار، أي أن الازهار فيها غير محكوم تماما بطول فترة تعرضها للضوء.

لقد فسر إكتشاف التوقيت الضوئي الكثير من الحقائق المحيرة حول نمو النباتات. أولا لقد أمدنا بآلية لتفسير، على الأقل جزيئا، التتابع المنتظم للازهار على مدى موسم النمو. فمن أول أزهار في الربيع وحتى آخر أزهار في الخريف يتتابع إزهار النباتات نوعا بعد نوع بانتظام دقيق كالساعة. الان نستطيع أن نفهم لماذا يزهر السبانخ أثناء شهور الصيف بينما يزهر الكريزاثيم في الخريف. ثانيا تفسر ظاهرة التوقيت الضوئي لماذا تزهر عادة كل نباتات نفس النوع في نفس الوقت. فعلى الرغم من أن بعض الأفراد يكونون قد بدأوا النمو مبكرا عن الاخرين في الربيع، فانهم جميعا (الشكل ٢٦-١٧) يزهرون معا. ثالثا يفسر التوقيت الضوئى لماذا لا ينجح نمو الكثير من الأنواع النباتية إلا بين

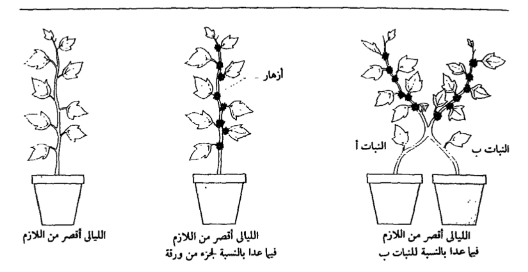
مجال ضيق من خطوط العرض. السبانخ، وهو نبات نهار طويل لا ينجح في الازهار في المناطق الاستوائية لأن النهار لا يصل أبدا إلى الطول الكافي لذلك (١٤ ساعة). الزربيح، وهو نبات نهار قصير، لا ينجح في شمال ولاية مين لأنه حينما يصبح طول النهـار قصيرا بالقدر الكافي (أغسطس) لبدء الازهار يتكون الصقيع القاتل قبل أن تكتمل عملية التكاثر ونضج البذور.

٢٦-١٢ . آلية التوقيت الضوئي THE MECHANISM OF PHOTOPERIODISM

دفع إكتشاف عملية التوقيت الضوئي الكثير من علماء وظائف الأعضاء إلى التعمق في دراستها في محاولة لتحديد طريقة عملها. وسرعان ما وجدوا أن الأسماء «نهار قصير» و «نهار طويل» خاطئة. فقطع فترة ضوء النهار بفترات من الاظلام لم يكن له تأثير مطلقا على عملية الازهـار. بينما كان لقـطع فترة الليل بإضـاءة صنـاعية قصة مختلفة تماما. عندما أضيئت نباتات النهار القصير مثل الشبيط cocklebur ولو لفترة قصيرة أثناء الليل فانها فشلت في الازهار. ولذلك بات واضحا أن طول النهار ليس هو العامل المهم في عملية الإزهار ولكنه طول الليل. فنباتات النهار القصير في الواقع هي نباتات ليل طويل. فمثلا نبات الشبيط الذي ينمو عند خط عرض مدينة ميتشجان سوف يزهر فقط إذا حفظ في الظلام لمدة ٨½ ساعة. وإذا ما أضيىء بأى وميض في أي وقت خلال هذه الفترة فانه لا يزهر.

على الرغم من أن تكون بدايات الأزهار يحدث عند الأنسجة الانشائية فانه لا يمكن الكشف عن المنبة الخاص بالتوقيت الضوئي فيها. الأوراق هي التي تستقبل هذا المنبة. فإذا ما تعـرضت ورقـة واحـدة فقط، أو حتى جزء صغـير من ورقة واحدة من نبات الشبيط لمدة ٨½ ساعة من الظلام فان النبات سوف يزهر حتى ولو لم تتلقى بقية الأوراق الفتـرة الكافية من الاظلام (الشكل ٢٦-١٨). وهذا يرجح أن هناك منبة ما، من المفترض أنه هرمون، يمر من الأوراق إلى الأنسجة الانشائية.

تجارب التطعيم تعطينا تدعيما قويا لهذه الفكرة. إذا تم تطعيم نبات شبيط تعرض لتوقيت ضوئي مناسب على نبات شبيط لم يتعرض لتوقيت ضوئي مناسب فان كلاهما سوف يزهر (الشكل ٢٦-١٨). وعن طريق تطعيم سلسلة من النباتات مع بعضها فانه



الشكل (٢٦-١٨) . الدليل العملى على أن المنبة لعملية الازهار ينشأ في الورقة (الوسط) وينتقل عبر الجهاز الوعائي الى البراعم الزهرية (اليمين) .

يمكن تقدير مدى السرعة التي ينتقل بها هذا المنبة ، الذي سُمي فلوريجين Floringen. يتم تصنيع الفلوريجـين في الأورراق ويتحرك خلال اللحاء إلى الأنسجة المرستيمية . ويتميز وصوله اليها بعدة تغيرات كيميائية منها إرتفاع كبير في تخليق الحامض RNA. وهذه تتلوها فيها بعد التغيرات الشكلية المصاحبة لتحول الأنسجة المرستيمية إلى بدايات أزهار. على الرغم من أن الآليات الجزيئية لا زالت مجهولة فانه يبدو أن تأثير وصول الفلوريجين يكون هو إحباط الجينات المنظمة للأزهار.

في نبات الشبيط ، على الأقل ، يكون إنتاج الفلوريجين لمرة واحدة . فاذا أعطى ليلة واحـدة مدتها $8\frac{1}{2}$ ساعة فان النبات سوف يبدأ في عملية الازهار حتى لو أعيد بعد ذلك إلى ظروف الليل القصير غير الملائمة .

نباتات النهار الطويل أيضا أسيئت تسميتها . فالسبانخ وبقية أعضاء هذه المجموعة تزهر بنجاح بنظام النهار القصير طالما إنقطعت فترة الليل بالتعرض السريع للضوء . وعلى ذلك فنباتات النهار الطويل هي في الواقع نباتات الليل القصير، وهي تزهر فقط إذا لم يكن الليل أطول من اللازم .

طريقـة العمل في نباتات الليل القصير تبدو أكثر تعقيدا مما هي في نباتات الليل الطويل . عند وضع نبات سم الفراخ henbane ذو الليل القصير تحت ظروف من الليل

الطويل فانه لا يزهر. ومع ذلك إذا تم إنتزاع بعض أوراقة أو عومل النبات بالبرودة أو وضع تحت ظروف لاهوائية أثناء الليل الطويل فان التأثير المثبط لليل الطويل يمكن التغلب علية ويزهــر النبــات. وهــذا يرجــح أن مادة مثبـطة (ربما كانت حامض الأبسيسيك) تنتــج من أيض الأوراق خلال ساعات الظلام. وأي اعتراض للأيض الطبيعي للنبات يبطيء من تراكم هذا المثبط.

من ناحية أخرى، هناك دليل على أن الأوراق تفرز مادة تنشيط الأزهار عندما يكون النبـات تحت ظروف الليل القصـير. في الواقع، فانه يبدو أن هذه المادة مماثلة تماما للفلوريجين الذي تنتجة نباتات الليل الطويل. إذا تم تطعيم نبات ليل قصير على نبات ليل طويل فان كلاهما سوف يزهر تحت ظروف الليل القصير على الرغم من أن نبات الليل الطويل لا يفعل ذلك بصورة طبيعية.

٢٦-١٣. إكتشاف الفيتوكروم THE DISCOVERY OF PHYTOCHROME

لابد أن يشتمل التوقيت الضوئي على آلية شديدة الحساسية لاكتشاف الضوء. وقد رأينـا أن نبات الشبيط لا يزهر في الليل الطويل إذا إنقطع الليل بوميض سريع من الضوء. وهذا الوميض يمكن أن يكون خافتا جدا فالتعرض لضوء لا يزيد كثيرا عن ضوء القمر يمكن أن يكون مؤثراً.

أكثر أشعة الضوء فعالية في تثبيط إزهار الشبيط هي البرتقالية - الحمراء التي يكون طول موجتها ٦٦٠ نانومتر. نفس طول الموجةلا يكون شديد الفعالية في تشجيع الإزهار في السبانخ إذا كانت الليالى بخلاف ذلك أطول من اللازم. هذه المعلومات ترجح أن النباتات تحتوي على صبغة تمتص الضوء البرتقالي - الأحمر بقوة.

وجد كذلك أن التأثير المثبط للضوء البرتقالي - الأحمر (٦٦٠ نانومتر) يمكن التغلب عليه تماما في نبات الشبيط وذلك بتعريض أوراق النبات للضوء الأحمر البعيد Far-red وهو ضوء يقع مباشرة قبيل الضوء المرئي. طول موجه مقدارة ٧٣٠ نانومتر يكون شديد الفعالية في عكس التأثير المثبط للضوء البرتقالي - الأحمر.

هذا النـظام عكسي بالكـامـل. فيمكن إعتراض ساعات الليل الثمانية والنصف اللازمة لنبات الشبيط بأي عدد من المرات بالضوء البرتقالي - الأحمر بالتبادل مع الضوء

ضوء الفترة الحرجة ضوء
LIGHT LIGHT
أ A أزهار
ب B لاأزهار
ج C لاأزهار
د D أزهار
هـ E أزهار
٤ ٨ ١٢ ١٨ ٢٠ ٢٤ ٢٨ ٣٢ ٣٦
الزمن بالساعة

الشكل (٢٦-١٩). التوقيت الضوئي في نبات الشبيط. ليلة غير متقطعة طولها ½٨ ساعة تلزم للازهار (أ ، ب). قطع ليلة طويلة بضوء برتقالي-أحمر (٦٦٠ نم) يمنع الازهار (ج) الا اذا تبعه تشعيع بضوء أحمر بعيد (٧٣٠ نم) (د) التعرض الشديد للضوء الأحمر البعيد عند بداية الليل يختزل الحاجة الى الظلام بمقدار ساعتين (هـ).

الأحمر البعيد. ويعتمد تثبيط الازهار في النهاية على طول موجة آخر وميض. فاذا كان الوميض الأخير بضوء برتقالي - أحمر فان الازهار لا يحدث. وإذا كان بضوء أحمر بعيد، فان الازهار يحدث بصورة عادية حتى ولو كان النبات قد تعرض لكميات كبيرة من الضوء البرتقالي - الأحمر قبيل التعرض الأخير (الشكل ٢٦-١٩).

هذا التأثير العكسي يرجح وجود صبغة عكسية. تحت أحد الظروف تمتص الصبغة الضوء البرتقالي - الأحمر وبذلك تتحول إلى شكل يمتص الضوء الأحمر البعيد. تعرض الصورة الممتصة للضوء الأحمر البعيد لضوء أحمر بعيد يعيد تحويل الصبغة إلى الصورة الممتصة للضوء البرتقالي - الأحمر، ولقد سميت هذه الصبغة بالفيتوكروم Phytochrome. الصورة الممتصة للضوء الأحمر - البرتقالي أعطيت الرمز P_R. الصورة الممتصة للضـوء الأحمر البعيد يرمز لها بالرمز P_{FR}. ويمكن تحويل كل من هاتين الصورتين إلى الأخرى على النحو التالي:

$$P_R \underset{730 \text{ nm light}}{\overset{660 \text{ nm light}}{\rightleftharpoons}} P_{FR}.$$

وعلى الرغم من وجود الفيتوكروم بكميات ضئيلة للغاية في أنسجة النباتات فقد أمكن عزلة . إنه بروتين تتصل به مجموعة فعالة تكسبة خاصية إمتصاص الضوء . وكما قد يتوقع المرء من أن الفيتوكروم يمتص الضوء عند النهاية الحمراء للطيف ، فان لونه أزرق .

يبدو أن فعالية الفيتوكروم في تنظيم التوقيت الضوئي تتوقف على عاملين :

(١) ضوء الشمس وهو أغنى بالضوء البرتقالي - الأحمر (٦٦٠ نانومتر) عنه بالضوء الأحمر البعيد (٧٣٠ نانومتر) . وهذا يعنى أنه عند حلول الظلام يكون كل الفيتوكروم الموجود في أوراق النبات في الصورة P_{FR}.

(٢) الصورة P_{FR} غير مستقرة بينما الصورة P_R مستقرة . في الظلام تتحول الصورة PFR تدريجيا إلى الصورة PR. هذا التحويل يمكن أن يعمل بمثابة الساعة التي يقيس بها النبات طول الليل . في الواقع ، يمكن دفع نبات الشبيط للازهار بعد ليل طوله ٦ ساعات فقط إذا تعرض أولا لجرعة كبيرة من الضوء الأحمر البعيد (الشكل ٢٦-١٩) . والمعتقد أن الضوء الأحمر البعيد يحقق فورا التحول من P_{FR} إلى P_R والذي يتطلب بدون ذلك ساعتان من الظلام . ويشير عدم قضاء الجرعة الكبيرة من الضوء الأحمر البعيد بالكامل على الحاجة إلى الظلام إلى أن تفاعلات كيميائية أخرى لابد أن تحدث في الظلام حتى يحدث الازهار. وليس معروفا حتى الان ماهي هذه التفاعلات .

سلوك الفيتوكروم يقدم لنا تفسيرا معقولا لاحتياج نبات الشبيط إلى الليل الطويل . يقوم P_{FR} بتشيط التفاعلات الكيميائية اللازمة لافراز الفلوريجين من الأوراق بينما P_R لا يفعل ذلك . ولذلك يحتاج نبات الشبيط إلى ٨ ساعات من الظلام لكى :

(١) يحول كل P_{FR} الموجود به عند وقت الغروب إلى P_R.

(٢) يقوم بالتفاعلات المكملة المجهولة والتي تؤدي إلى افراز الفلوريجين . إذا انقطعت هذه الفترة بوميض من الضوء (يحتوي على أشعة ٦٦٠ نانومتر) ، فان P_R يتحول فوريا مرة أخرى إلى P_{FR} المثبط ويضيع كل عمل الليلة . التعرض بعد ذلك إلى الضوء الأحمر البعيد سيعيد تحويل الصبغة مرة أخرى إلى الصورة P_R ويمكن إتمام الخطوات التي تؤدي إلى افراز الفلوريجين . التعرض للضوء الأحمر البعيد عند بداية الليل يقدم الساعة بمقدار ساعتين أو نحو ذلك ويلغي الحاجة إلى التحول

التلقائي من الصورة PFR إلى الصورة PR.

في حالة نباتات الليل القصير مثل السبانخ ، تكون هناك حاجة إلى PFR لتنبيه عملية الازهار. التعرض لوميض من الضوء البرتقالي - الأحمر أثناء الليل سوف يعكس التحول التلقائي من PFR إلى PR والذي كان مستمرا منذ وقت الغروب، وهذا سوف يسمح بحدوث الازهار حتى ولو كانت النباتات تحت ظروف ليل طويل. في الواقع، فان نبات السبانخ سوف يزهر حتى تحت اضاءة مستمرة (بدون ليل بتاتا) حينما يكون كل الفيتوكروم الموجود به في صورة PFR.

٢٦-١٤ . نشاطات أخرى للفيتوكروم OTHER PHYTOCHROME ACTIVITIES

لقد وجد أن الفيتوكروم يدخل في الكثير من النشاطات الأخرى للنباتات. بذور الصنف جراند رابيذز من الخس لن تنبت حتى تتعرض للضوء. فإذا ماتعرضت للضوء الأحمر البعيد مباشرة بعد تعرضها للضور المرئي فانها لن تنبت. أطياف الفعل (أنظر الشكل ٨-٢) لهذا التنبيه والتثبيط توضح أن الفيتوكروم هو الصبغة الممتصة للضوء. الصورة PFR تشجع الانبات بينما الصورة PR تثبطة. وقد وجد أن نفس هذه الالية تعمل في بذور الكثير من أنواع كاسيات البذور سواء العشبية أو الخشبية وكذلك في بذور بعض عاريات البذور مثل الصنوبر الأسكتلندى. الموقف ينعكس تماما في بذور خشخاش كاليفورنيا. ففي الظروف الطبيعية فان هذه البذور لن تنبت إذا تعرضت للضوء. ومن المحتمل أن يكون الفيتوكروم هو المسئول عن الانبات الذي ينظمة الضوء في الأنواع المذكورة في القسم ١٦-٩.

نمو الساق أيضا ينظمة الفيتوكروم. فقد كان معروفا منذ زمن طويل أن النباتات التي تنمو في الظلام تستطيل بسرعة. (أنظر الشكل ٨-١١). هذه الظاهرة تسمى الشحوب etiolation وهي آلية تزيد من احتمال وصول النبات إلى الضوء. وبمجرد أن يسطع الضوء على النبات فانه يبدأ في انتاج سلاميات ذات طول عادى كما تنمو الأوراق إلى الحجم الكامل. ولا يحدث ذلك لمجرد اشباع احتياجات النبات للبناء الضوئي بدليل أن التعرض لضوء خافت لا يصلح للبناء الضوئي يوقف عملية الشحوب. الضوء البرتقالى - الأحمر مؤثر بصفة خاصة في احداث هذه الاستجابة. ويشير ذلك بالاضافة

إلى حقيقة أن التعرض للضوء الاحمر البعيد يسبب استئناف الشحوب، إلا أن الفيتوكروم هو المستقبل في هذه الاستجابة أيضا. وظهور اللون الأحمر في جلد الطماطم والتفاح، و كسر الكمون في براعم بعض النباتات، و استقامة الانحناء في السويقة الجنينية السفلى hypocotyl arch عندما تنمو بادرات بعض ذوات الفلقتين فوق سطح التربة (الشكل ٢٦-١٢) كلها يسببها تأثير الضوء على الفيتوكروم.

في الباب السابق ناقشنا الشيخوخة التلقائية والموت المميزان للنباتات الحولية بمجرد اكمالهم لعملية الازهار وانتاج البذور والثمار. في بعض الحالات أيضا تكون هذه العملية استجابة لتوقيت ضوئي يلعب فيه الفيتوكروم دورا. نباتات الشبيط التي تعطى ليالى طويلة تبلغ الشيخوخة وتموت حتى إذا انتزعت منها كل البراعم قبل أن تتحول إلى أزهار. ومع ذلك فإذا ما أعطيت هذه النباتات منزوعة البراعم ليالي طويلة متقطعة بالاضاءة فانها تعيش لعدة أسابيع أكثر مما تعيش طبيعيا.

ملخص الباب CHAPTER SUMMARY

على الرغم من أن النباتات ليس لها جهاز عصبى فان لها آليات متباينة تستجيب بها للتغيرات التي تحدث في البيئة. فهم يستجيبون لاتجاه الضوء، طول موجته، ومدة التعرض له. وهى أيضا تستجيب للجاذبية الأرضية ولدرجة الحرارة. كل هذه الاستجابات تتطلب وسيلة (مثل الفيتوكروم و أشباه الكاروتينات) لاكتشاف المنبة في البيئة. قد تكون آلية الاكتشاف موجودة في البرعم الطرفى أو الورقة أو أي مكان آخر. بمجرد اكتشاف المنبة، فان هذه النباتات تتطلب نظام اتصال يمكن كل أجزاء النبات من الاستجابة المناسبة المتناسقة. ونظام الاتصال بهذا يتكون من عدة مراسلين كيميائيين (مثل الأوكسينات والفلوريجين) يتنقلون مع محتويات اللحاء.

في الحيوانات يلعب المراسلون الكيميائيون دورا هاما في تناسق الأعضاء المختلفة للجسم. هذه المواد هي الهرمونات، وطبيعتهم الكيميائية ونشاطهم هما موضوع الباب التالي.

EXERCISES AND PROBLEMS تمارين ومسائل

١ ـ لماذا لا يهتم المزارعون بوضع البذور مقلوبة في التربة؟

٢ ـ أذكر ست طرق تؤثر بها الأوكسينات في وظائف النبات سواء في الطبيعة أو تحت تحكم الانسان؟

٣ ـ ماهو اللفظ الذي تصف به انغلاق زهرة زعفران في أحد أيام الربيع الباردة؟

٤ ـ لكل من الاستجابة الاتية في نبات الشبيط أذكر

(١) أين وكيف يكتشف المنبة،

(٢) أين وكيف تحدث الاستجابة،

(٣) كيف تنتقل المعلومات من المنطقة الأولى إلى المنطقة الثانية. أذكر دليلا عمليا يؤيد إستنتاجاتك :

١ ـ التوقيت الضوئي للساق.

ب ـ انتاج الأزهار عندما يصبح طول الليل ٨ ساعات على الأقل.

ج ـ الانتحاء الأرضي للجذور.

REFERENCES المراجع

The following three papers have been republished in Great Experiments in Biology, ed. by M. L. Gabrial and S. Fogel Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N. J., 1955:

1a. "Sensitiveness of Plants to Light: Its Tranamitted Effects". Charles Darwin and his son Francis show that the phototropic response originates in the coleoptile (they call it a cotyledon) tip.

1b. "Transmission of the phototropic Stimulus in the Coleopti of the Oat Seeding". P. Boysen-Jensen shows that a layer of gelatin separating a coleop. .

2. GALSTON, A. W., and PETER J. DAVIES, Control Mechanisms in Plant Development, Foundations of Developmental Biology Series, Prentice - Hall, Englewood Cliffs, N. J., 1970. Seperate chapters devoted to : (a) phytochrome and flowering, (b) ethylene, (c) auxins and tropisms, (d) gib-

berellins, (e) cytokinins, and (f) abscisic acid, dormancy, and germination. Available in paperback.

3. BLACK, M., Control Processes in Germination and Dormancy, Oxford Biology Readers, No. 20, Oxford University Press, Oxford, 1972.
4. RAY, P. M., The Living Plant, 2nd ed., Holt, Rinehart and Winston, New York, 1972. Chapter 9 discusses plant hormones, and Chapter 10 describes the mechanism of photoperiodism.

CHAPTER 27 الباب السابع والعشرون

ANIMAL ENDOCRINOLOGY الغدد الصماء في الحيوانات

الباب السابع والعشرون
الغدد الصماء في الحيوانات

٢٧-١ . مقدمة INTRODUCTION

لابد للحيوانات عديدة الخلايا ، مثل النباتات عديدة الخلايا، من أن تحل مشكلة توافق نشاطات جميع الخلايا المختلفة التي تتكون منها. وتحتاج الحيوانات، أيضا، إلى بعض الوسائل والتي يمكن بها للخلايا المختلفة، الأنسجة، الأجهزة بالجسم أن تتصل مع بعضها البعض، بهذه الطريقة فقط يمكن لكل تلك التركيبات أن تعمل سويا بكفاءة.

ويوجد جهاز ان للأتصال في أغلب الحيوانات، أحدهما هو الجهاز العصبى (Nerv-ous) وهو يتكون من خلايا متخصصة، وهي الخلايا العصبية (Neurones) التي تنقل النبضات الكهربائية من جزء من الجسم إلى جزء أخر، الجهاز الأخر هو جهاز الغدد الصماء (Endocrine) و الذي يمكنه التحكم في وظائف الجسم عن طريق مواد كيميائية هي الهورمونات (Hormones) و التي تحمل إلى الدم في جميع أنحاء الجسم. ولا يعمل هذان الجهـاز ان منعزلان عن بعضهما البعض. وكما سنرى في هذا الباب والأبواب التالية، توجد علاقة وثيقة بين أنشطة هذين الجهازين.

والتعاون الكيميائي في الحيوانات، مثل التعاون الكيميائي في النباتات ، يتطلب : (١) إفراز مواد كيميائية من الخلايا في السائل الموجود خارج الخلايا (ECF) - (٢) نقل، بوسيلة أو بأخـرى، هذه المواد، (٣) تغيير أنشطة الخلايا الأخرى بهذه المواد. ومن المحتمل أن تشارك كل خلية في الكائن عديد الخلايا في التعاون الكيميائي من هذا

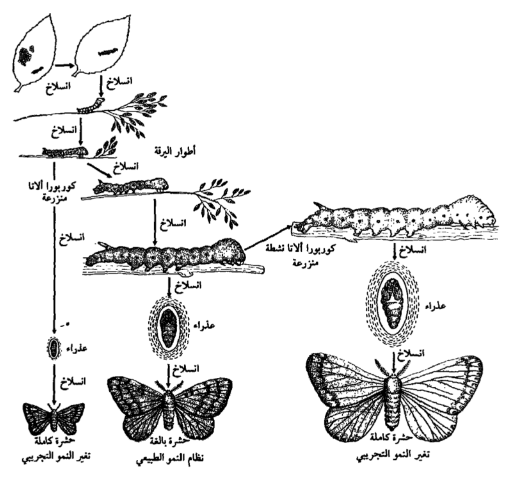
النـوع. وفي الـواقع، تمت دراستنا لأحد هذه الأمثلة من هذا النوع فيي فسيولوجيا الحيوان. وتنتج كل خلية في جسمنا ثاني أكسيد الكربون كنتيجة للتنفس الخلوى، ينطلق ثاني أكسيد الكربون هذا في الـ (ECF) ثم يحمل خلال الجسم كله عن طريق مجرى الدم. وعندما يصل الدم الغنى بثاني أكسيد الكربون إلى النخاع المستطيل (Medulla oblongata) يتسبب هذا في انطلاق النبضات العصبية إلى الحجاب الحاجز والعضلات بين الضلوع. ولعلك تتذكر (أنظر قسم ٢١-٩) أن المعدل الذي تعمل عنده هذه النبضات يتحكم في معدل وعمق التنفس، وهذه بدورها، تحافظ على مستوى ثابت لغاز ثاني أكسيد الكربون في الدم.

ويوجد سبب يجعلنا نعتقد أن جميع الكائنات عديدة الخلايا تقوم بهذا النوع من التعاون الكيميائي، أي، التعاون الذي يمكن الحصول عليه عن طريق إطلاق مواد كيميائية والتي، ماهي إلا نواتج (By-products) لأنشطة خلايا أخرى. والدليل، على أية حال، ضعيف جدا في هذه النقطة. وبالنسبة الى الوقت الحاضر، لأجل ذلك، سنضيق نظرتنـا إلى هذه التجمعات (Clusters) من الخلايا الخاصة والتي يبدو أن وظيفتها الوحيدة هي إطلاق مواد التعاون الكيميائية في الجسم.

والتجمعات الخلوية هذه ما هي إلا الغدد الصماء، والتي يطلق عليها غالبا اسم الغدد عديمة القنوات نظرا لأن إفرازاتها، وهي الهرمونات، تمر مباشرة إلى الدم الذي يعمل على تصفية الغدد (بدلا من مرور الإفراز في قناة كما هو الحال في الغدد خارجية الإفـراز Exocrine glands والتي تمت منـاقشتهـا في قسم ٢٠-٧). وتحمـل هذه الهورمونات بعد ذلك إلى جميع خلايا الجسم الأخرى. وفي بعض الحالات، قد تؤثر تلك الهرمونات على أنشطة كل هذه الخلايا، لكن في الغالب، توجه هذه الهورمونات تأثيرها فقط على بعض أجزاء الجسم، وهي الأعضاء المسماة بالهدف "Target"، و إلى الآن، تم إكتشاف الغدد الصماء في الحشرات، القشريات، بعض الرخويات، جميع الحيوانات الفقارية.

٢٧-٢. هورمونات الحشرات: INSECT HORMONES

تمت في الحشرات دراسة التحكم والنمـو بعنـاية أكثر من أي نشاط أخر للغدد الصماء. وبسبب هيكلها الخارجي الصلب، يمكن للحشرات أن تنمو دوريا فقط بنزع



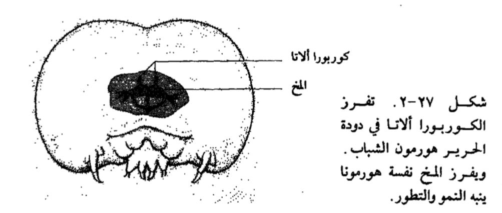
الشكل ٢٧-١ . في الوسط: مظهر عادى للنمو في دودة الحرير *Bombyx mori*. وهذا التوالي يمكن تقصيره بابعاد غدتى كوربورا ألاتا (Corpora allata) من اليرقة الصغيرة (إلى اليسار) كما يمكن اطالتة بادخال كوربورا ألاتا نشطة في اليرقة التامة النمو (إلى اليمين). ولا يحدث التعذير طالما أن الكوربورا ألاتا تقوم بافراز كميات ضرورية من هورمون الشباب (هورمون الجوفينايل Juvenile. Hormone)

هذا الهيكل الخارجي بعملية تسمى الأنسلاخ (Molting). ويتكرر حدوث هذه العملية أثناء فترة نمو اليرقة (Larva) وعند الانسلاخ النهائي، يصبح الكائن حشرة كاملة (adult)، وفي كثير من الرتب الحشرية، لا يوجد الطور اليرقى الذي سبق ذكرة. والتحول المذهل الذي يحدث في تركيب الجسم في تلك الحشرات هو مايسمى بالتطور (Metamorphosis) الذي يحدث أثناء طور ساكن هو طور العذراء (Pupa). ويوضح الشكل (٢٧-١) أطوار اليرقة، العذراء، الحشرة الكاملة في تطور دودة الحرير المستأنسة *(Bombyx mori)*، ويحدث التطور داخل شرنقة حريرية تغزلها اليرقة البالغة.

وإذا ما نزع جراحيا مخ حشرة *Cecropia* ، وهي أحدى ديدان الحرير العديدة البرية قبل أن تغزل اليرقة شرنقتها، لا يحدث تكون لطور العذراء، ولايكون ذلك ببساطة نتيجة الصدمة بسبب الجراحة، لأنه إذا ما أعيد إدخال المخ ثانية إلى أي جزء من أجزاء جسم اليرقة، يستمر التعذير كالمعتاد. وفي الحقيقة فان جزءا صغيرا جدامن المخ - نحو دستين من الخلايا (٢٤ خلية تقريبا) هي التي تقوم باللغز. وتقترح هذه التجربة على أن تلك الخلايا الخاصة في المخ تفرز هورمونا ضروريا لحدوث عملية التعذير. ولا يتسبب هذا الهورمون في التنبية لبدء التعذير مباشرة، لكن بدلا من ذلك، فانه يؤثر في زوج من الغدد الموجودة في الصدر وهي غدد الصدر الأمامي (Prothoracic glands).وبسبب تأثير خلايا المخ على غدد الصدر الأمامى، فلقد أطلق اسم بروثورا سيكـوتروبيك هـورمـون (PTTH) (Prothoracicotropic) على هورمـون المـخ هذا . وعنـد تنبيـهـا بالهـورمـون PTTH ، تفرز غدد الصدر الأمامى هورمونا ثانيا استيرويد (A steroid) يسمى إكدايزون (Ecdysone) وهو الذي ينبة مباشرة حدوث الأنسلاخ وتكوين العذراء.

وهذان الهورمونان، اللذان يعملان سويا، لا يشجعان الأنسلاخ فحسب من اليرقة إلى العذراء، لكنهما يشجعان أيضا الأنسلاخات السابقة التي تحدث بين اليرقة واليرقة، وهذا ما يحدث إذن ويكون السبب في التغيير الفجائي الذي يحدث أثناء عملية التطور.

ولقـد وجـد أنـه إذا ما أبعدت غدتان صغيرتان جدا موجودتان خلف المخ، هما الكـوربـورا ألاتـا (Corpora allata) (الشكل ٢٧-٢) من يرقـة دودة الحريـر الغير بالغـة ، فأن الـدودة تغزل شرنقـة وتدخل في التعذيـر عند إنسلاخهـا التالـي مباشـرة (الشـكل ٢٧-١). وهذا لأن غدتى الكوربورا ألاتا تفرزان هورمونا ثالثا والذي يعمل كفرملة (Brake) على عملية التطور. ولطالما وجدت كمية مناسبة من هذا الهورمون، الذي يسمى بهورمـون الشباب - أو هورمون الجوفينايل (Juvenile Hormone JH) فان هورمون الإكدايزون يشجع النمو اليرقي. فاذا ما انخفضت كمية هورمون الشباب، يشجـع الإكـدايزون تكون العذراء. ويمكن اختبار تلك الميكانيكية جيدا، فاذا ما أدخلت غدتا الكوربورا ألاتا المأخوذتان من يرقة صغيرة لدودة الحرير في جسم يرقة حرير بالغـة التكوين، لا يحدث التطور، بل ينتج عن الأنسلاخ ببساطة يرقة كبيرة أخـرى (أي طور أخـر ليرقة كبيرة) (الشكل ٢٧-١)، إذ أن غدتى الكوربورا ألاتا



شكـل ٢٧-٢. تفـرز الكـوربـورا ألاتـا في دودة الحـريـر هورمون الشباب. ويفـرز المخ نفسة هورمونا ينبه النمو والتطور.

المأخوذتين من يرقة بالغة ليس لهما التأثير المطلوب (أي حدوث التطور). وعلى ذلك فان التـطور يبدو وأنه يحدث عندما ينتـهى الناتج من هورمون الشباب (J H) من غدتى الكوربورا ألاتا اختياريا في اليرقة البالغة. ويبدو إذن أن هورمون الشباب هو الذي يكبت الجينات المسئولة عن صنع مكونات الحشرة البالغة.

ويمكن توضيح دور هرمـون الشبـاب بتجـربـة أجراها لأول مرة عالم فسيولوجيا الحشرات الإنجليزي وجلـزورث (V. B. Wigglesworth) إذ وجد أن الحشرات البالغة لا تنسلخ في العادة ، ولكن إذا ما أدخلت كمية فوق - عادية من PTTH في حشـرة بالغـة وهي حشـرة بقـة الرودنيس(Kissing-bug Rhodnius) فان تلك الحشرة تنسلخ إجباريا.وإذا ما عومل الهيكل الخارجي لهذه الحشرة أولا بهورمون الشباب، فالمناطق التي تأثرت به تعود إلى الشكل اليرقى عند هذا الأنسلاخ (الشكل ٢٧-٣)،ويدل هذا على أن الجينات المسئولة عن صنع مكونات اليرقة موجودة في خلايا الحشرة البالغة ولو أن عملها الطبيعي مكبوت.

ونشوء المكونات المميزة لليرقة، ثم بعدها العذراء، وأخيرا الحشرة الكاملة، لابد أن يحتاج إلى المساهمة المتتالية لمجاميع مختلفة من الجينات داخـل خلايا الحشـرة. وهذا يجعلنـا نسـأل مرة ثانيـة كيف يمكن للجينـات أن تنشـط أو يكبت عملهـا بطريقة إنتخـابية . ولقد إختبـرنا في الباب الخامس عشر بعضا من الأدلة التي تدل على أن الإكدايزون يعدل من التعبير الجيني بتأثيراته المختلفة على نسخ (حفز Transcription) ال (DNA) فـي (mRNA). وبخصوص هورمون الشباب (JH) فيوجد الدليـل علـى أنـه يعـدل التعبير الجيني ليس فقط بالتأثير على النفخ (Puffing) الكـروموسـومى



الشكل ٢٧-٣. تجربة وجلزوث. إلى اليسار: استخدام شريط من هورمون الشباب على جدار جسم البقـة البـالغة *(Rhodnius)* ينتج عنه تكوين جدار جسم يرقة اذا أجبرت الحشرة على القيام بانسلاخ زائد. إلى اليمين: قام الباحث بطبع أوائل حروف اسمه بهورمون الشباب. (بتصريح من دكتور وجلزوث).

(أنظـر قسم ١٥-٣) ولكن أيضـا بالتحكـم في معدل ترجمـة (Translation) جزيئات رسول خاص للـ (RNA).

وفي الأجـواء الحـارة، تتكون عذارى الكثير من الحشرات في الخريف (استجابة للأيام القصيرة) وتبقى بدون تغيير طوال الشتاء، ولا ينتج هورمون (PTTH) أو هورمون الإكدايـزون أثنـاء فترة السكـون أو البيات (Diapause)،وعند حلول فصل الربيع، يعود إنتاج هرمونى الـ (PTTH) و الإكدايزون و يتم التطور وتخرج الحشرة الكاملة من شرنقة العذراء. وفي بعض أنواع الحشرات، لا يحدث إعادة إفراز هورمون ال (PTTH) إلا إذا تعرضت العذراء أولا إلى فترة من الحرارة الباردة ثم إلى الحرارة الأدفأ وكذلك زيادة طول اليوم. وتكتشف الخلايا الموجودة في مخ العذراء في أحد الأنواع الضوء خلال منطقة شفافة في الهيكل الخارجي موجودة فوق المخ مباشرة. وعندما يكون طول اليوم ١٦ ساعة، ينتهى السكون ويتم عندئذ نشوء وخروج الحشرة الكاملة. ولا تكون ظواهر السكـون الإجبارى، ومتطلبات البرودة، والتوقيت الضوئي والتي تم لنا دراستها في الباب الأخير، قاصرة على النباتات فقط.

هورمونات الحشرات ومكافحة الافات: INSECT HORMONES AND PEST CONTROL

يؤدي وجود هرمون الشباب أثناء بعض الأوقات من دورة حياة الحشرة إلى النمو المشوه والموت. وعلى سبيل المثال، فعند رش محاليل تحتوي على هورمون الشباب على اليرقات البالغة، أو على النبات الذي تتغذى عليه تلك اليرقات، يتوقف تكوين العذارى العادية، ولا تنجح الحشرة في الأنسلاخ إلى يرقة كبيرة. وبطبيعة الحال، ينتج عن هذه الطريقة التي تستخدم فيها الهورمونات توزيع غير منتظم بداخل جسم اليرقة بحيث لا تستجيب جميع الأنسجة بطريقة مماثلة. وعلى أية حال، يموت الحيوان (الحشرة) سريعا. وإذا ما لامس بيض الحشرات ولو أثرا صغيرا من هورمون الشباب يتشوه نموها الجنيني العادي، و أدت هذه الظواهر إلى الأعتقاد بأن هورمون الشباب إذا أمكن تخليقة (تصنيعة) رخيصا (بأسعار زهيدة) وبكميات كبيرة، يمكن أستخدامة كمبيد حشرى فعال. ويظهر أنه توجد فرص بسيطة على مقدرة الحشرات لتكوين مناعة ضد مادة هي من إحدى المكونات الطبيعية لأجسامها. كما يبدو أن هورمون الشباب وكأنه ليس له تأثير سام على الكائنات الأخرى (بخلاف المبيدات الحشرية التقليدية مثل زرنيخات الرصاص والـ (ددت).

و غدد الكوربورا ألاتا (Corpora allata) في الحشرات صغيرة جدا لأستخدامها كمصدر يمكن إستخلاص هورمون الشباب منها. ولحسن الحظ، فانه يوجد الكثير من الحشرات التي تفرز هذا الهورمون بعد أن تصبح حشرات بالغة. وفي الإناث، يعتبر هذا الهورمون ضرورى لنجاح نمو المبايض،ولهذا السبب، فان الإناث البالغة التي تستبعد منها الكربورا ألاتا تكون عقيمة. ونسبيا، تتجمع كميات كبيرة من هورمونات الشباب في بطن ذكر فراشة الحرير (البالغة) لدرجة أنها يمكنها أن تزود علماء الكيمياء الحيوية بالكميات اللازمة لتحديد التركيب الكيميائي لهذا الهورمون (الشكل ٢٧-٤) وفي الحقيقة، وجد هؤلاء العلماء ثلاثة جزيئات شديدة التشابه من هذا الهورمون، كل جزيء له نشاط قوى من أنشطة هورمون الشباب. وتركيب هذه الجزيئات بسيط بما فيه الكفاية لدرجة أنه يمكن (بل أمكن بالفعل) تخليقها في المعمل.

وكما إتضح بعد ذلك، عند إستخدام هورمون الشباب تحت الظروف الحقلية، أثبت أنه قليل الثبات جدا لكى يستخدم كمبيد حشرى عملى. ولكن بعد معرفة

تركيب هورمون الشباب الطبيعي، لم يستغرق علماء الكيمياء العضوية طويلا لتخليق عدد من المركبات القريبة الشبة لهورمون الشباب - و بعض من هذه المشابهات (Mimics) اكثـر فعالية بشكل واضح عن هورمون الشباب نفسه، كما أنها اكثر ثباتا ويمكن الحصـول على أحـد تلك المشابهات تجاريا الان (للاستخدام ضد البعوض والذباب) وربما سيتبعه تخليق مشابهات أخرى.

وكثير من الافات الحشرية تكون ضارة في طورها اليرقى، وليس كحشرات بالغة. وإزعـاج التـطور لدودة الـطماطم ذات القـرن (Hornworm) برشهـا بهورمون شباب المخلق لهو عديم الفائدة إذا كانت هذه الدودة قد التهمت بالفعل محصولك من الطماطم. ولكن أحد المنافع التي لم نعطها حقها في الغالب ذات القيمة البحثية البحتة هو أنه كلما زادت معرفتنا عن كيفية عمل جهاز حي، كلما كان موقفنا أفضل للتدخل في هذا الجهاز الحى بطرق مفيدة. ومعرفة الأدوار الحيوية التي يقوم بها الإكدايزون وكذلك هورمون الشبـاب تجعلنـا نفـترض أنـه يمكننـا مكـافحـة الحشـرات بالتدخل في عمل هـذه الهورمونات.فاذا، على سبيل المثال، أمكـن إنتاج مادة ضـد - الإكدايزون (Anti-ec-dysone) لأمكن لتلك المادة إيقاف انسلاخ الحشرة ومنعها كلية من تكملة دورة حياتها. وبـالنسبة لمضاد هورمـون الشباب (Anti-JH) أمكن اكتشاف مادتين من هذا المضاد بالفعـل (في نبـات معـروف بمنـاعتـه للأصـابة بالحشرات). ولو أن طريقة عمل هذه المواد بالضبط ليست معروفة حتى الآن، لكنها تظهر الأمل في مكافحة حشرات خاصة في أطوار تسبق الأطوار التي يؤثر فيها الرش بهورمون الشباب. وبأستخدامها على أطوار اليرقة الأولى لبعض أنواع البق (رتبة نصفية الأجنحة)، فان مضادات هورمون الشباب هذه تتسبب في حدوث تطور مبكـر أو حريص (كـالذي يحدث عند إستبعاد غدتى الكوربورا ألاتا جراحيا - أنظر الشكل ٢٧-١). ولأجل هذا التأثير، سميت هذه المواد (المضـادة لهورمون الشباب) بالمواد الحريصـة (Precocenes).

ولا تقلل المواد الحريصة للتطور من فترة الطور اليرقى للحشرة فقط، لكن تكون الحشرات البالغة الناتجة مشوهة (بجانب كونها صغيرة الحجم)، وتكون الإناث على سبيل المثـال-عقيمـة، وهـذه دلالـة على الحاجة إلى هورمون الشباب للنمو العادى للمبايض، كما يعطينا الأمل أن رش المواد الحريصة على حشرة تصيب المحصول لاتضع حدا لالتهـام المحصول باليرقات فقط (حيث قامت تلك الحشرة بالتطور الحريص)

الشكل ٢٧-٤. التركيب الذرى للاكدازيون وهورمون الشباب. فالاكدايزون steroid. قارن بين تركيبة وتركيب الكوليسترول (الشكل ٤-٨) والبروجستيرون (شكل ١٦-١٥).

ولكن أيضا يمنع هذا الرش تكوين جيل جديد للحشرة، أو على الأقل يحد من أعدادها.

٢٧-٣. طرق البحث في علم الغدد الصماء:

RESEARCH TECHNIQUES IN ENDOCRINOLOGY

تمدنا التجارب التي قادتنا إلى معرفة التحكم الهورموني في الحشرات بصورة رائعة للطرق المستخدمة في دراسة علم الغدد الصماء. والتكنيك الأساسي هو ببساطة كالاتي: أولا، إبعاد العضو الذي يشك في أن له وظيفة هورمونية جراحيا من جسم الحيوان، ثانيا، الملاحظة القريبة لأي تغيرات أو أعراض قد تحدث، ثالثا، إعادة إدخال الغدة المشتبة فيها في جسم الحيوان لرؤية ما إذا كان وجودها يعكس تلك الأعراض. فاذا حدث وإنعكست تلك الأعراض، تكون الخطوة التالية هي محاولة تحضير خلاصة فعالة (مزيج) تضاعف من عمل الغدة الغائبة. ولو أن الخلاصة في العادة تستخرج من الغدة نفسها إلا أنه أمكن إستخلاص القليل من الهورمونات من مصادر أخرى مثل البول. (نادرا ما يحتوي الدم على هورمونات كافية يمكن إستخدامها كمصدر). وأخيرا تجرى محاولة لتنقية المستخلص ومعرفة المادة الكيميائية

الوحيدة به والتي تتسبب في الأعراض المنعكسة، تلك المادة هي الهورمون.

و استخـدمت تلك الـطرق التكنيكية بنجـاح في دراسة علم الغدد الصمـاء في الإنسان. ولحسن الحظ، فان الكثير من الهورمونات التي وجدت بالإنسان، وجدت كذلك في الفقاريات الأخرى. لذلك فكلما أمكن القيام بتجارب اكثر جدية على بعض الحيوانات - غالبا كلب أو فأر معمل - كلما زادت الامال على أن النتائج المتحصل عليها من الممكن تطبيقها على الإنسان. ولأن الفقاريات تشارك في الكثير من نفس الهورمونات فان ذلك هام للغاية في معالجة اضطرابات الغدد الصماء في الإنسان. وكثير من الهـورمونات معقدة جدا في تصنيعها (تخليقها) كيميائيا ويمكن، على أية حال، استخـلاصهـا من غدد الأبقـار والخنازير، وغيرها، المذبوحة واستخدامها في معالجة المرضى من البشر.

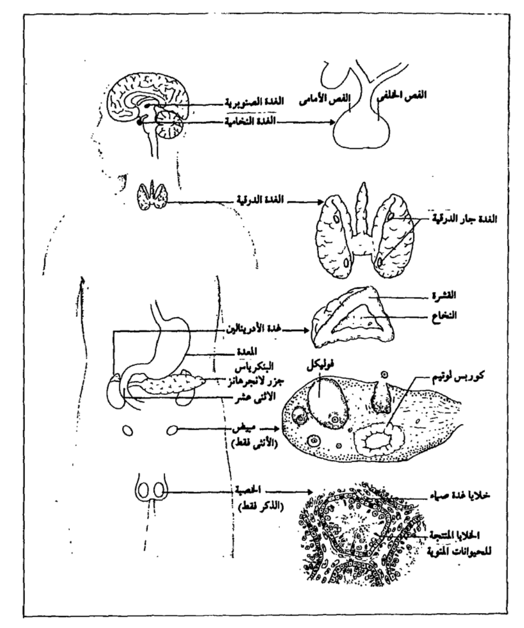
و حقيقة أن تكون الفقاريات عندها هورمونات مماثلة لا يعنى أنه يمكن استخدامها في كل حالة بنفس الطريقة. وكما نقوم بدراسة الهرمونات الموجودة في الإنسان، سنجد أن بعض تلك الهورمونات تختلف وظائفها في الفقاريات الأخرى.

الغدد الصماء في الإنسان: HUMAN ENDOCRINOLOGY

٢٧-٤. الغدة الدرقية: THE THYROID GLAND

الغدة الدرقية عضو مكون من فصين وموجودة في الرقبة (الشكل ٢٧-٥)، وبالنسبة إلى حجمهـا، فهي غنية بإمـداداتهـا من الدم. وأهـم هورمون تفرزه الغدة الدرقية في الدم هو الحمـض الأمينى المحتـوي على اليـود وهو الثيروكسيـن (Thyroxin) والذي تم عزلة من نسيج الغدة و أمكن تخليقة تجاريا، يعكس الحقن به الأعراض الناتجة عن نزع الغدة الدرقية من حيوانات التجارب.

وفي الإنسـان، فان أوضـح وظيفة للغدة الدرقية هي التحكم في معدل التمثيل الحيوي للجسم (Metabolism)، فعنـد إفـراز الثـيروكسـين، تزداد كمية الحرارة التي ينتجها الجسم. ولأن إنتاج الطاقة هو من وظيفة التنفس الخلوي، فلابد من أن نتوقع من أن الثـيروكسـين يعمـل على زيادة معـدل استهـلاك الأوكسجين، تلك هي الحالة وفي



الشكل ٢٧ – ٥ . الغدد الصماء في الانسان هي نفسها في كلا الجنسين فيما عدا الغدد التناسلية، والتي هي المبايض في الأنثى والخصى في الذكر.

الحقيقة، استخدمت مقاييس استهلاك الأوكسجين لتشخيص الخلل في وظيفة الغدة الدرقية.

ولقد وجدت وظيفة خاصة للغدة الدرقية في البرمائيات، فتطورها من اليرقة إلى الطور الكامل يبدؤه (يشعله) الثيروكسين. فذا ما أعطى الثيروكسين (أو حتى اليود)

لفرخ الضفدعة (Tadpole) فإنه يبدأ في التطور المبكر إلى ضفدعة ميدجيت (Midget) ، ومن جهة أخرى، فان إبعاد الغدة الدرقية بعملية جراحية في فرخ الضفدعة يمنعة من التطور.

ولا يحدث لبعض سلالات سلامـاندر النمر العادى (Common Tiger Salaman-der) تطور ابتداء من الطور اليرقى الذي يتنفس بالخياشيم إلى الشكل الأرضى الذي يتنفس الهواء الجوي [تصل هذه الحيوانات إلى النضوج الجنسي وتنتج يرقات]. وعلى أية حال، فان إعطـاء الثـيروكسين لهذه الحيوانات يجعلها تقوم بالتطور إلى حيوانات سلامـاندر النمر النموذجية. ولربما لا يكون من الصدفة أن هذه الحيوانات والمسماة بأشكال الـ (Axolotl) موجودة في البحيرات الجبلية في الجزء الغربى من الولايات المتحدة الأمريكية وفي شمال المكسيك، حيث توجد كمية قليلة جدا من اليود في التربة والماء (الشكل ٢٧-٦).

و توجد عدة أمراض تصيب الإنسان مرتبطة بسوء عمل الغدة الدرقية . وعند اعتبار هذه الأمراض، فمن المهم التمييز بين تلك المتعلقة بزيادة إنتاج هورمون الثيروكسين (Hyper-thyroidism) و تلك المتعلقة بعدم إنتاج هورمون ثيروكسين كاف (Hypo-thyroidism).

ويتسبب عدم إفراز هورمون الثيروكسين بكمية كافية قبل البلوغ في ظهور مرض ضعف العقل وتشوه الجسم (Cretinism) وفشل الضحية في الأحتفاظ بالنمو الطبيعي أو العقلي. وسبب هذا المرض غير واضح ، ولو أنه أكثر انتشارا في المناطق التي تنقصها كميات كافية من اليود في الـطعـام، وربما توجد أيضا عوامل أخرى لها علاقة بهذا المرض. وعلى أية حال، فانه يمكن منع كل أعراض هذا المرض باعطاء المريض مبكرا وبأنتظام هورمون الثيروكسين، و إذا ما تأخر العلاج إلى ما بعد ظهور المرض بشدة، يمكن فقط تأمين بعض التحسن. ويسبب افراز هورمون الثيروكسـين بكميـة غير كافيـة (Hypothyrodism) في البالغين مرض المكسيديمـا (Myxedema) و أعراض هذا المرض هي انخفاض معدل التمثيل الحيوى، والزيادة في الوزن وغلظة (خشونة) في الملامح . وكما في مرض ضعف الجســم والعقل السابق (Cretinism) ينتشر هذا المرض في المناطق الفقيرة في اليود، ولكن ربما قد توجد عوامل أخرى تتدخل في ظهور هذا المرض أيضا .



الشكل ٢٧-٦ . الأكسولوتل (Axolotl) ، سالاماندر يصل إلى البلوغ الجنسي بدون المرور في عملية التطور إلى حيوان يتنفس الهواء الجوى. لاحظ الخياشيم الخارجية (بتصريح من جمعية علم الحيوان في نيويورك).

وتسمى المناطق الفقيرة في اليود في العالم (مثل المناطق الموجودة حول البحيرات العظمى والشمال الغربى الباسيفيكي في الولايات المتحدة الأمريكية) في الغالب بأحزمة تضخم الغدة الدرقية (أو أحزمة الجدرة goiter belts) ويستخدم هذا الأصطلاح لوجود عدد كبير من الأفراد المصابين بمرض الجدرة البسيط في تلك المناطق. ومرض الجدرة هذا هو تورم الغدة الدرقية. ولو أنه يوجد عدم إتفاق عن سبب مرض الجدرة البسيط، إلا أن أغلب الحقائق تشير الى عدم وجود كميات كافية من اليود في الأطعمة. والان فالأغذية الغنية باليود (مثل الأسماك البحرية) تشحن الان إلى جميع أنحاء الولايات المتحدة الأمريكية كما ينتشر الان تناول ملح الطعام المضاف إليه اليود على مدى واسع، لذلك فان مرض الجدرة البسيط لم يعد الان مشكلة صحية ذات خطورة.

وقد يبدو مستغربا أن تؤدى الكميات الغير كافية من اليود إلى تضخم (وبالتالي زيادة نشاط) الغدة الدرقية، وربما يكون هذا نوعا من التعويض. ويحكم معدل نشاط الغدة الدرقية هورمون أخر هو (TSH) الذي يفرزة الفص الأمامى للغدة النخامية (الشكل ٢٦-٥)، وتسبب زيادة إفراز هورمون (TSH) زيادة كمية الثيروكسين. وعلى أية حال، تثبط الكمية الزائدة من الثيروكسين في مجرى الدم كمية (TSH) المنتجة. وهذا الجهاز الذي يعمل على توازن وظائف سوائل الجسم (Homeostatic) يضمن بذلك موردا منتظما من الثيروكسين. وعلى أية حال، فانه عند عدم وجود كمية كافية من اليود في

الغذاء لتتمكن الغدة الدرقية من تخليق الثيروكسين، تتوقف ميكانيكية التحكم هذه. ولا يمتنع أداء الغدة النخامية، لذلك فهي تنتج كميـات أكبر من (TSH) وهذا بدورة، ينبـه الغدة الدرقية لزيادة نشاطها بالرغم من وجود يود قليل أو عدم وجود يود بالمرة واللازم لعملها، وبذلك يزداد حجمها، وينتج مرض الجدرة (تضخم الغدة الدرقية).

٢٧-٥ . الغـدد الجـار درقيـــة (الباراثيـرويـد) :
THE PARATHYROID GLANDS

الغدد الجار درقية هي عبارة عن أربعة أجزاء دقيقة في السطح الخلفى للغدد الدرقية (الشكـل ٢٧-٥)، وأدى هذا المـوقـع الغـير ظاهـر بالصدفة إلى إكتشاف أهميتها. والمحاولات الأولى لمعالجة مرض الجدرة بازالة الغدة الدرقية جراحيا أدت أحيانا إلى ظهـور أعـراض غير سارة وهي تشنج (تقلص) العضلات و التواء الجسم بحركات فجائية. و بطبيعة الحال، أمكن تتبع هذه الأعراض كما أمكن معرفة أن فقد الغدد الجار درقيـة هو السبـب في ذلـك و نتج عن ذلك هبوط في مستوى أيونات الكالسيـوم (Ca^{++}) التي تدور في الدم. وكما تعلمنا، تعتبر أيونات الكالسيوم من أهم المحتويات المعدنيـة في الجسـم . وعلاوة علـى أهمية دور أيونـات الكالسيـوم في تكوين العظام، فـان وجود مستوى معقـول من الكالسيوم في (ECF) ضرورى للأداء السليم للجهازين العصبى والعضلى، كما يؤدى المستوى المنخفض جدا لأيونات الكلسيوم في (ECF) إلى ظهور الأعراض المرتبطة بابعاد الغدد الجار درقية.

وفي عام ١٩٦٠م، أمكن استخراج هورمون نقى كيميائيا، هو هورمون الغدد الجار درقية (PTH) من الغدد الجار درقية للأبقار، وهذا الهورمون هو بروتين صغير (الوزن الجزيئى ٨٥٠٠) يحتوي على ٨٣ وحدة حمض أمينى. ويسبب هذا الهورمون التأثيرات التـالية: (١) يشجـع على إطـلاق أيونات الكالسيوم من العظام، (٢) يشجع على إمتصاص أيونات الكالسيوم من الطعام في الأمعاء. (٣) يشجع على إعادة امتصاص أيونـات الكـالسيوم من أنـابيب الكلية. وينتـج عن كل تلك الأفعـال زيادة مستوى أيونات الكالسيـوم التي تسيـر في الدم. (يمنع هذا الهورمون أيضا إعادة امتصاص الفوسفات في أنابيب الكلية وبذلك يساعد الجسم في التخلص من زيادة الفوسفات الناتجة عندما يتحلل العظم-فوسفات الكالسيوم - لتزويد الكالسيوم المطلوب).

ويحتاج الحفاظ على مستوى ثابت من أيونات الكالسيوم في (Homeostasis) (ECF) إلى أن يكـون نشـاط الغـدد الجـار درقية تحت تحكـم متقـن، ويكون هذا التحكم مباشرا. فكمية (PTH) المفرزة بالغدد ينظمها مستوى أيونات الكالسيوم في (ECF) وعند هبوط مستوى أيونات الكالسيوم، تتنبة الغدد وتفرز الهورمون وبذلك تعيد المستوى الطبيعي لأيونات الكالسيوم، وإذا ما ارتفع المستوى إلى ما فوق المستوى الطبيعي، ينخفض انتاج الهورمون من الغدد. وهنا، عندئذ، ، توجد ميكانيكية أخرى مضبوطة جيدا والتي بها تحتفظ البيئة الداخلية على ثباتها.

وفي عام ١٩٦١م اكتشف أن استجـابـة الغـدد الجـار درقية للزيادة من أيونـات الكـالسيوم (والأستجابة هي النقص اللاحق في أيونات الكالسيوم) أسرع بكثير عما يمكن حدوثة ببساطة بتوقف إنتاج (PTH) و أدى ذلك إلى اكتشاف هورمون أخر (سمى كالسيتـونـين Calcitonin) والـذي يعمـل ضد هورمون (PTH). وهذا الهورمون الثاني (كالسيتونين) والذي تفرزه الغدد الدرقية يزودنا بميكانيكية تحكمية أخرى إضافية على مستـوى أيونات الكالسيوم في (ECF). وإذا، على سبيل المثال، هبط مستوى أيونات الكـالسيوم في (ECF) تحت الحدود العادية تتنبة الغدد الجار درقية وتفرز (PTH) وهي استجـابـة بطيئـة، على أية حال، ويوجـد احتمال أن الجهاز قد يفرز أكثر من اللازم ويصل تركيز أيونات الكالسيوم إلى مستوى مرتفع جدا. وبطبيعة الحال، فان إحباط الغدد يصحح ذلك تدريجيا، لكن قد يمر بعض الوقت قبل أن يخمد التذبذب في مستوى أيونات الكالسيوم. وعلى أية حال، فان إطلاق الكالسيتونين السريع يمنع هذا الإفراز الغزير ويضمـن الوصول إلى مستـوى ثابت من أيونـات الكالسيـوم بسرعـة اكبر. ونادرا ما يعاني الإنسان من نقص إفراز الغدد الجار درقية (Hypopara Thyroidis) و نتجت معـظم الحالات في الماضي كنتيجة عرضية وغير مقصودة لإبعاد (استئصال) الغدد الجار الدرقية أثناء جراحة الغدد الدرقية. ويمكن تجنب الأعراض الغير سارة (أحيانا المميتة) لنقص الغدد الجار درقية بنجاح بالأضافة الحذرة لأيونات الكالسيوم إلى غذاء المـريض. ويستخدم فيتامين د (D) الذي يضاعف الكثير من وظائف هورمون الغدد الجار درقية بنجاح أيضا في معالجة هذه الحالة.

وأحيانا، تكبـر واحـدة أو اكثر من الغـدد الجار درقيـة في الحجـم وتصبـح غزيرة الإفـراز. ويتسبب الإفـراط في إفراز الغدد الجار درقية (Hyper-parathyroidism) في

ظهـور أعـراض حادة، فتصبـح العظام هشـة، وتضعف، وتتشوة وتكسر عند أقل ضغط. وتسبب الزيادة الكبيرة في أيونات الكالسيوم في الدم مرور بعض هذه الزيادة إلى البول حيث تترسب مع أيونات الفوسفات وتسبب حصوات الكلى، هذه الحصوات خطيرة لأنها أحيانا قد تسد القنوات البولية. وينتج عن إزالة الغدد المريضة بالعمليات الجراحية في الغالب بعض التحسن.

٢٧-٦. الجلـد: THE SKIN

عنـدمـا تصـطدم الأشعة فوق البنفسجية بالجلد، فهي تطلق شـرارة تحول مادة الديهايدرو كوليستيرول (Dehydrocholesterol) (أحد مشتقات الكوليستيرول - أنظر الشكـل ٤-٨) إلى مـادة الكالسيفيـرول (Calciferol) ويسمى الكالسيفيرول أيضا فيتامين د (D) وهو موجود في عدد من الأطعمة التي يمكنها أن تعوض أو تحل محل الجلد كمصدر لهذا الفيتامين. وفي تركيبة الكيميائي وطريق عملة على أية حال، فانه يقابل كل مقومات الهورمون. وبعد تخليقة في الجلد، ينطلق فيتامين (د) هذا إلى الدم، الذي يحمله إلى الكبـد، حيث يحدث له أحد التحورات الكيميائية. ومن الكبد، يذهب الفيتـامـين إلى الكلية حيث يحدث له التحور الثاني (وهو تفاعل يسرعة وجود PTH) والناتـج المتكون هو [١، ٢٥ ديهادروكسي فيتامين د (1,25-Dehydroxy vitamin D) وهـو يسرع إمتصـاص أيونـات الكالسيـوم من محتويات الأمعاء. وبهذا يشترك هذا الهـورمـون مع (PTH) والكـالسيتـونـين في تنظيـم التمثيل الغذائي للكالسيوم. وتمنع الكميات الغير كافية من الكالسيفيرول الترسيب للكالسيوم في العظام. وإذا ما حدث ذلك أثناء الطفولة، تكون النتيجة حدوث ضعف العظام المشوهة المييزة لمرض كساح الأطفـال. وعنـد الكبر، تؤدى الكميات الغير كافية من الكالسيفيرول إلى ضعف العظام، وهي حالة معروفة باسم Osteomalacia.

٢٧-٧. المعدة والأمعاء: THE STOMACH AND INTESTINE

يوجد في جدر المعدة والأمعاء خلايا غدية صماء واسعة الأنتشار، وتفرز تلك الخلايا مجموعة من الهورمونات الببتيدية والتي تؤثر على وظائف الهضـم. فالجاسترين (Gastrin) و هو عديد الببتيـدات يحتـوي على ١٧ حمـض أمينـي وتفرزة الخلايـا الموجـودة في

جـدار المعـدة ووظيفتـه تنبيـه إنتـاج حمض الهيـدروكلوريك بواسـطـة الخلايا الجدارية (Parietal). والسكريتين (Secretin) والكوليستوكينين CCK - Cholecystoki-nin يفـرزان بواسـطة خلايا موجـودة في الأمعـاء. وعند وصول تلك الهورمونات إلى البنكرياس، فانها تنبه إفراز المركبات المختلفة لسائل الهضم البنكرياسى. وفي حالة وصـول تلك الهـورمـونـات إلى الكبـد والحوصلة المرارية، فانها تنبه إفـراز وانطلاق الصفراء. ويوجد دليل واضح (في الفئران) أن (CCK) يرسل إشارة إلى المخ بأنه تم تناول كمية كافية من الطعام وبهذه الطريقة تنتظم الشهية.

٢٧-٨. جزر لانجرهانز: THE ISLETS OF LANGERHANS

جزر لانجرهانز هي عبارة عن كتل صغيرة من الخلايا مبعثرة في البنكرياس في أغلب الحيوانات الفقارية. ويوجد اكثر من مليون كتلة من تلك الجزر في بنكرياس الإنسان. ولا تتصل خلايا جزر لانجرهانز بالقنوات التي ينصرف فيها العصير البنكرياسى في الأثنى عشر. والجزر، على أية حال، غنية بأوعيتها الدموية.

و كمـا هي العادة دائما في العلـم، فان إكتشـاف أن جـزر لانجرهانز هي غدد صمـاء قد أتى عن طريـق الملاحظـة بالصدفـة. . إذ أنـه في عـام ١٨٨٩م، حاول الطبيبان الألمانيان فون ميرنـج (Von Mering) ومينكوفسكى (Minkowski) أن يتعلما اكثر عن وظائف الهضم للبنكرياس وذلك عن طريق ملاحظة المساوىء الهضمية التي تنتج بعد استئصال البنكرياس جراحيا من الكلاب. وأثناء دراستهما، لاحظ أحد مساعدي المعمل ذباباً كثيراً يتجمع بالقرب من بول الكلاب. وإتضح أن البول يحتوي على كمية كبيرة من سكر الجلوكوز، في حين أن بول الكلاب العادية لا يحتوي على هذا الجلوكوز.

ولعدة سنوات فشلت كل المحاولات لاستخلاص الهورمون المنظم للجلوكوز من البنكرياس. وعلى أية حال، ففي عام ١٩٢٢م، نجح الدكتور فريدريك بانتنج (Fre-deric Banting) في هذه العملية. فالهورمون، الذي سمى بالإنسولين (Insulin) وجد أنه بروتين. فهل يمكنك الان رؤية لماذا فشل الكثير من العلماء في استخلاصة من التحضيرات الغير نقية لكل البنكرياس؟ ونجح بانتنج فيما فشل فيه غيرة بربط القنوات البنكرياسية في كلاب تجاربة، وسببت هذه العملية اندثار جزء الإفراز الخارجي (Exoc-

rine) للغدة بسرعة بينها بقى جزء الإفراز الداخلي (Endocrine) نشطا. وبعد اندثار (اضمحلال) جزء الإفراز الخارجي هذا ، أمكن عمل مستخلصات خالية من الفعل الهاضم للتربسين (Trypsin).

ويعمل الإنسولين على خفض مستوى الجلوكوز في مجرى الدم. وفي العادة ، يحتوي كل ١٠٠ ملليلتر من الدم على نحو ١ ، ٠ جرام من الجلوكوز. وبعد أكلة غنية من الكربوهيدرات يميل هذا المستوى إلى الأرتفاع والذي يتسبب في انطلاق الإنسولين من جزر لانجرهـانـز، ويمـر الإنسولين في الحال إلى الكبد (عن طريق الأوردة البابية الكبدية) حيث يسرع في تحويل الجلوكوز إلى جليكوجين ودهون، ونتيجة لذلك يرجع مستوى سكر الدم بسرعة إلى طبيعتة.

وأحـد تأثـيرات الإنسـولين هو جعل خلايا الجسم أكثر نفاذية لدخول الجلوكوز، وبمجرد وجوده داخل الخلايا، فان الجلوكوز يمكن تمثيلة غذائيا، ولا يوقف هذا التأثير الأكتينـومـايسين د (Actinomycin D). وعلى أية حال، يمكن للأنسولين أيضا أن ينبه تخليق الـبروتينـات، بما فيهـا الأنـزيمات التي تسـاهم في التمثيل الغـذائي للمـواد الكربوهيدراتية، ويمكن إحباط هذا التأثير أي (منعة) بالأكتينومايسين د، دلالة على أن إحدى الخطوات على الأقل في عملية التأثير هي نسخ المعلومات الوراثية.

والإنتاج الغير كافي للأنسولين ينتج عنه المرض المعروف بالبول السكرى (Diabetes mellitus) و لا يستطيع ضحايا هذا المرض مواكبة زيادة الجلوكوز في الدم بتحويلة إلى جليكـوجين أو دهون. وأسوأ من ذلك تزداد الأفعال العكسية فيتحول الجليكوجين والـدهون بالجسم إلى سكر الجلوكوز الذي يرفع معدل سكر - الدم اكثر ، وتفشل انابيب الكلية في الأحتفاظ بغالبية هذه الزيادة من الجلوكوز ولذلك فهو يمر إلى الخارج في البـول. وحتى بروتينات الجسم تتحول الى جلوكوز ثم تخرج إلى خارج الجسم. ويتسبب المستـوى المرتفـع للجلوكـوز في الراشح النفروني في حدوث أثر أسموزى شديد ، ومنقصا بشدة حمل الماء ثانية في الدم. ونتيجة لذلك، فان ضحايا هذا المرض يتبولون على فترات كثيرة ويكون البول غزيرا. وان لم تتخذ الوسائل الكافية، فان هؤلاء المـرضى يفقـدون الكثيـر، وتتحول أجسـامهـم تدريجيـا إلى فيضـان من البـول السكرى، وبطبيعة الحال يتلـو ذلك الإغماء (Comma) والوفاة.

ولحسن الحظ ، يمكن الحصول على الإنسولين بكميات كبيرة من الماشية المذبوحة . والتركيب الجزيئى لأنسولينات الحيوانات قريب جدا من تركيب إنسولين الإنسان لدرجة أن إنسولينات تلك الحيوانات قد يمكن استخدامها لمعالجة حالات مرض البول السكرى . ولسوء الحظ ، لابد من تعاطى الإنسولين بالحقن أفضل من تعاطية عن طريق الفم . (لماذا ؟) بالرغم من هذه المضايقة فاعطاء الإنسولين لمريض بالسكر يعيد التمثيل الغذائي العادي للسكر في الجسم . وبطبيعة الحال ، فان حقن الإنسولين ليست علاجا ، فهي ببساطة تزود المريض براحة وقتية من أعراض مرض البول السكرى . ومع ذلك فالأهتمام التام بالغذاء والحقن المنتظم بالإنسولين مكنت ألافا من مرضى السكر أن يعيشوا حياة مفيدة ونشطة .

و بينما كانت فائدة انسولينات الحيوانات المتاحة لا تقدر لمرضى السكر ، فان استخداماتها كانت لها أحيانا أثارا غير مرغوب فيها . فانسولين الأبقار والخنزير يختلف طفيفا عن انسولين الأنسان في تتابع أحماضة الأمينية ، لذلك فانسولين الأبقار وكذلك انسولين الخنزير يعتبران جزيئات غريبة وبذلك يمكنهما التسبب في حدوث استجابة مناعية في المريض . ولهذا السبب ، عكف البحاث على ايجاد طرق لتخليق انسولين الأنسان ، واتبعوا أسلوبين في هذا المجال . الأول هو تحويل انسولين الخنزير إلى انسولين الأنسان باستبعاد حمض أميني واحد وهو الذي يميز بين الجزيئين واحلاله بالحمض الأميني الموجود في الأنسان (وهو الذي يميز انسولين الأنسان عن انسولين الخنزير) والثاني هو محاولة تجميع للـ (DNA) (أنظر أقسام ١٤-٣ ، ١٤-٦) ، فبالمعلومات الوراثية (cDNA) عن إنسولين الأنسان أمكن عمل مشابها لها وغرسها في البكتيريا *E. coli* ، كما يمكن للبكتريا أن تقوم بتخليق كميات لا بأس بها من هورمون الأنسان ، والمحاولات لأجراء مثل هذه التجارب في طريقها الان للقيام بها في الأنسان .

ويحف استخدام الأنسولين بعض الخطورة ، فحقن الأنسولين بعد فترة من التدريبات الرياضية أو بعد مدة طويلة من تناول وجبة طعام قد يعمل على تخفيض مستوى سكر الدم إلى مستويات منخفضة غير طبيعية ، ويكون نتيجة لذلك حودث فعل مضاد للأنسولين ويصبح المريض عصبيا ومجهدا ، وقد يفقد الوعى . ومن الأهمية بمكان أن يتعلم المشتغلون بمرض السكر الفرق بين أعراض رد الفعل المضاد للأنسولين

والأغماء الناتج عن مرض السكر حتى يمكنهم اتخاذ الأجراءات المناسبة إذا ما حدث أحد الأمرين.

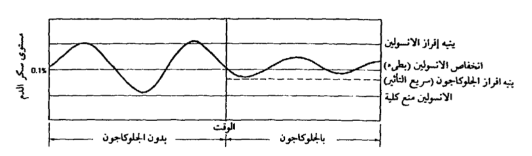
ويسبب الحقن بمستحضرات الأنسولين التجارية في العادة ارتفاع في سكر الدم لفترة وجيزة قبل الأنخفاض المستمر الطويل المدى لهذا السكر في الدم، ولقد وجد أن سبب ذلك يرجع الى هورمون ثان في البنكرياس هو هورمون الجلوكاجون (Glucagon) والـذي ينبه تحول جليكوجين الكبد الى جلوكوز. وفي الكائن الطبيعي، قد يعمل الجلوكاجون على منع الأنسولين من تخفيض سكر الدم الى مستوى زائد عن الحد. وسرعة افراز وكذلك سرعة عمل هذا الهورمون الثاني يثبط ميل الإنسولين ذو الإستجابة الأبطأ في الأسراع في عملة (الشكل ٢٧-٧). لذلك فان هذا الهورمون الثاني يلعب دورا هاما في ايجاد مستوى ثابت للجلوكوز في الدم، يشابه هذا الدور دور الكالسيتونين.

والأنسولين والجلوكاجون يتم تخليقهما وافرازهما بنوعين مختلفين من الخلايا في جزر لانجرهانز. ويوجد نوع ثالث من خلايا الجزر تفرز هورمون السوماتوستاتين (Somatostatin) وهي مادة عديدة الببتيدات والتي تفـرزهـا أيضـا خلايا موجودة في الأمعاء. وفي الفأر، فأن افراز كلا من سوماتوستاتين البنكرياس والأمعاء يحدث تنبيهه بارتفاع مستويات الجلوكوز والدهون في الدم (كما قد يحدث بعد وجبة غذائية). ويحمل الهـورمـون في الأوردة البابية الى الكبد، حيث يوقف عمل الجلوكاجون. ومن جهة أخرى، فان الكمية المفرزة من السوماتوستاتين تكون قليلة في الحيوان الصائم. وبذلك يعمل السوماتوستاتين كميكانيكية أخرى لتنظيم تركيز الجلوكوز في الدم.

٢٧-٩. الغدة النخاميـة: THE PITUITARY GLAND

الغدة النخامية عضو في حجم حبة البسلة موجودة عند قاعدة المخ (الشكل ٢٧-٥) وتتكون في أغلب الفقاريات من ثلاثة فصوص: الأمامى، الأوسط، الخلفى. ويوجد الفص الأوسط في مخ الأطفال في الأنسان، لكن عند الكبر تبقى أثار منه فقط.

ولـو أنها صغيرة في الحجم، الا أن الغدة النخامية تلعب دورا حيويا في الترابط الكيميائي للجسم، غالبا ما يطلق عليها اسم الغدة الأستاذ أو السيد أو الربان لان



الشكـل ٢٧-٧. تأثير الجلوكاجون على التحكم في الـ Homeostatic لسكر الدم. وافرازة السريع وعملة السريع أيضا يثبط التذبذب الكبير في مستوى سكر الدم والذي قد يحدث اذا ما كانت الاستجابة البطيئة للانسولين لابد لها من الحفاظ على الـ Homeostasis بنفسها. يفرز الانسولين والجلوكاجون من خلايا مختلفة في جزر لانجرهانز، وهي الخلايا B والخلايا a على التوالي.

الكثير من افرازتها يتحكم في أنشطة الغدد الصماء الأخرى، وهورمون (TSH) هو مثال واحد تم ذكرة من قبل.

الفص الأمامـى:

تم اجــراء كمية غير عادية من الأبحـاث على الغـدة النخـامية، وتم عزل ثماني هورمونات أمكن معرفة تركيبها الكيميائي من الفص الأمامى بمفردة، والهورمونات الثمانية هي:

١ ــ هورمون النمو في الأنسان: HUMAN GROWTH HORMONE (HGH)

(HGH) هورمـون مكون من سلسلة عديدة الببتيدات يحتوي على (١٩١) حمض أمينى كما يدل اسمة، فهو يعمل على انجاح نمو الهيكل العظمى والجسم ككل. ويبدو أنه لا يقوم بذلك مباشرة، لكنه ينبه الكبد (وربما الكليتين كذلك) لأفراز هورمون ببتيدي (يسمى سومــاتــوميدين Somatomedin) يعمــل على نمــو العضــلات، الغضاريف، العظم، الأنسجة الضامة الأخرى.

والهورمون المذكور نشط في هذا المجال فقط أثناء سنى الطفولة والبلوغ وينتج عن نقص افراز هورمون (HGH) في الطفولة ايقاف النمو ويصبح الطفل قزما (Dwarfism) بينما يتسبب الأفراز الزائد للهورمون في أن يكون الطفل عملاقا (Gigantism).

وتفرز الحيوانات الأخرى، مثل الحيوانات المستأنسة كالأبقار والخنزير هورمونا للنمو ولكن، ليس كمثل الأنسولين بها، فهذا الهورمون غير فعال في الأنسان. وحتى الى وقت قريب ، كان الأمل الوحيد لضحـايا نقص هورمـون (HGH) هو الكمية البسيطة من (HGH) المفرزة من الغدد النخامية في جثث الأنسان. ولكن شكرا للتقدم في طريقة اعادة اتحاد DNA والتي جعلت مستقبل هؤلاء المعذبين يبدو مشرقاً. فالمعلومات الوراثية لهورمـون (HGH) أمكن ادخـالهـا (غـرسها) بنجاح في المجموع الجينـي (Genome) للبكتيريا *E. coli* (في أوبيرون Operon لاكتوز أنظر قسم ١٥-١) وتم صنع كميات كبيرة من بروتين الأنسان بالبكتيريا، يتم تقييم الأثر الفعال والأمان لتلك المادة بالفعل في الأنسان.

ويفـرز (HGH) طوال حياة البالغين وخاصة أثناء فترات التدريب أو أثناء ضغوط أخـرى. وكـانت الوظائف التي يمكن لهذا الهورمون أداءها أثناء هذه التدريبات أو الضغوط الأخرى موضوعا للأبحاث المركزة. وكما يفعل أثناء الطفولة ، فان (HGH) يستمـر في انجـاح مجمـوعة كبيرة من تفاعلات التجديدات الخلوية داخل الجسـم. وللقيـام بذلك بنجاح ، لابد من وجود هورمـون الثيروكسين ويعمل (HGH) كذلك بالتعاون في التأثير مع بعض الهورمونات الأخرى، أي أن وجودة يسرع في أنشطة تلك الهورمونات الأخرى.

٢ ــ هورمون البرولاكتين (PROLACTIN - PRL)

يأخذ هذا الهورمون البروتينى اسمه من أحد تأثيراته المعروفة جيدا: تنبيه افراز اللبن بعـد الـولادة . ولكن للبرولاكتـين تأثـيرات أخرى خلاف ذلك ، فهو يسرع اعادة امتصاص الأملاح (وبالتالى الماء) بواسطة الكلي. وهذا التأثير مسئول عن الأحتفاظ بالسـوائـل في المـرأة قبـل حدوث الحيـض (Menstrulation) مباشرة. ويفرز الرجال كذلك هورمون البرولاكتين، حيث ربما يؤثر في الجهاز التناسلى بعدة طرق. وبالتأكيد، وجد في التجارب على الحيوانات الذكور، أن هذا الهورمون يسرع في نمو غدد الجنس المساعدة (مثل غدة البروستاتا والحوصلات المنوية) وفي افراز هورمون التستوستيرون (Testosterone).

ويوجد البرولاكتين في جميع الحيوانات الفقارية، وهو لاينبه، بطبيعة الحال، افراز

اللبن في الحيوانات الغير ثديية، لكن بدلا من ذلك يطلق الشرارة لحدوث أنشطة بعض الأفعـال الضرورية في بعض الأنـواع (Species).ففي بعض الـطيور، على سبيل المثال، ينبه البرولاكتين الحضانـة (Broodiness) أي، الميل للجلوس فوق العش. وفي أحد أنواع سمندل الماء (Newt) ينبه الحيوانات للعودة الى الماء لتضع وتخصب بيضها.

٣ ـ الهورمون المنبه للغدة الدرقية THYROID-STIMULATING HORMONE (TSH)

ينبـه هذا الهـورمون الغدة الدرقية لأفراز الثيروكسين. وبالتالي، فان الثيروكسين يعمل على احباط (TSH) وبذلك يوجد وسيلة تحكم في توازن مستوى الثيروكسين في الدم . وحتـى الغدة الربان أو الأستاذ لها وسائلها في التحكـم (Controls).وكما رأينا في قسم ٢٧-٤، يمكن تحطيم هذه الوسيلة، وانتاج كمية زائدة من هورمون (TSH) وتكون النتيجة ظهور مرض الجدرة.

٤ ـ هورمون أدرينوكورتيكوتروبيك: ADRENOCORTICOTROPIC HORMONE (ACTH)

هورمون (ACTH) هو ببتيد يحتوي على ٣٩ حمض أميني، وعمله الرئيسى هو تنبيه قشرة الغدة فوق الكلية لأفراز بعض هورموناتها في مجرى الدم. والدور الحيوى الذي تلعبة هورمونات الأدرينالين فيي فسيولوجية جسم الأنسان سيتم الألمام به في القسم التالي.

٥ ـ هورمون تنبيه الفوليكل: FOLLICLES - STIMULATING HORMONE (FSH)

يعمل هورمون (FSH) على البراعم التناسلية، ففي الأناث، ينشط هذا الهورمون نشوء الـ (Follicles) داخل المبايض (أنظر قسم ١٧-٧). وبالأشتراك مع هورمون أخر من هورمونات الغدة النخامية، وهو (LH)، فهو ينبه إفراز الأستروجنز (Estrogens) بواسطة الفوليكل (Follicle) وانضاج البيضة بداخلها.

ويفـرز (FSH) في الـذكور في الأنسان أيضا، حيث ينبه نشوء أنابيب الحيوانات المنوية وانتـاج تلك الحيوانات (الأسبـرمات Sperms) (أنظر قسم ١٧-٦) فيجعلها تفـرز هورمونات الجنـس الذكريـة (الأندروجنز Androgens) في مجرى الدم.

٧ ـ هورمون بيتا - ليبوتروبين : BETA - LIPOTROPIN (B - LPH) HORMONE

B - LPH هو ببتيد عديد يحتوي على (٩١) حمض أميني، وتوضح الدراسات المعملية على أنه يسرع التمثيل الغذائي للدهون، ولو أن استطاعته في القيام بدور هام في عملية التمثيل الغذائي للدهون في الأنسان غير مؤكدة حتى الان .

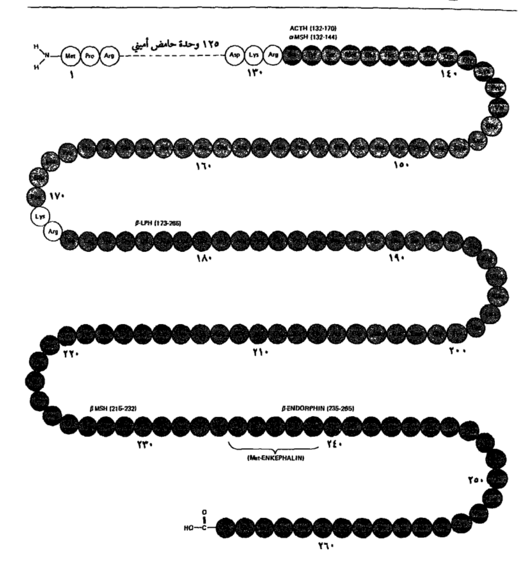
وينتج جزىء الـ (B - LPH) عن الأنشقاق البروتيوليتيكى أي هضم الأنسجة البروتينية (Proteolytic) لبروتين طليعى كبير، ويتضمن هذا البروتين الطليعى -Precur) (sor الكبير سلسلة من ٣٩ حمض أميني، والتي عند فصلها عن البروتين الطليعى، ينتج ACTH (الشكل ٢٧-٨) .

٨ ـ الهورمون المنبه للميلانوسايتات : MELANOCYTE - STIMULATING HORMONE (MSH)

أمكن عزل ثلاثة هورمونات منبهة للميلانوسايتات من الغدد النخامية للأنسان . وكل من هذه الهورمونات قطعة ناتجة من نفس البروتين الطليعى والذي ينتج B—LP- , ACTH. وفي الحقيقة، فان "a - MSH" هي قطعة (كسرة) من ACTH نفسه، B-MSH قطعة من "B-LPH" (الشكل ٢٧-٨) .

وخلايا الهدف في MSH هي الميلانوسايتات، وهي خلايا تحتوي علي حبيبات الميلانين السوداء، التي يوجد عدد كبير منها في الجلد، حيث تكون مسئولة عن النمش (Freckles) والخلد (الشامات Moles) وصبغة الشمس (Suntan) ولو أن MSH يبدو وكأنه لا يلعب دورا هاما في سلوك الميلانوسايتات في الأنسان، الا أنه تحت حالات خاصة، مثل الحمل، تتسبب الزيادة في افرازة في بعض الأغمقاق (السمرة) في الجسم .

وفي معظم الفقاريات ينتج ال (MSH) من الفص الأوسط للغدة النخامية ويسبب افرازة الإسمرار الكبير للجلد في الكثير من الأسماك، البرمائيات، الزواحف. ويحدث الأسمرار بسبب انتشار حبيبات الميلانين خلال أفرع ميلانوسايتات خاصة في البشرة . ويوضح الشكل (٢٧ - ٩) تلك الخلايا المسماه ميلانوفورات Melanphores في جلد الضفدعة.وعندما يتجمع الميلانين في مركز الميلانوفورات، يصبح ذو لون فاتح، وعند توزيعة خلال الأفرع، يصبح الجلد أشد سمرة (الشكل ٢٧-١٠). ولهذه الميكانيكية

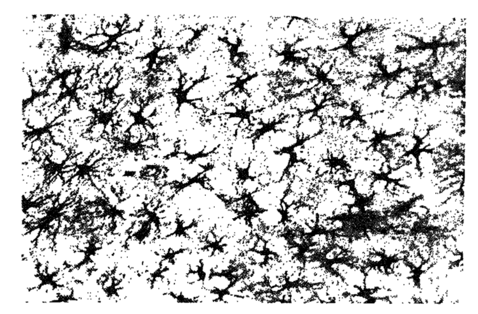


الشكل ٢٧-٨ . جزىء طليعى والذي نشأ منه B-MSH, a-MSH, ACTH ليبوبروتين - B بالانشطار البروتيوليكي. ويفرز الفص الأمامى للغدة النخامية كذلك اندورفين - B وهو ببتيد منوم (مخدر) (أنظر قسم ٢٩ / ١٢) ذو أهمية فسيولوجية غير مؤكدة. [ميت - انكيفالين - ببتيد منوم آخر، من المحتمل تخليقة من هذا الجزىء ولو أن تتابعة (Sequence) يوجد بداخله].

بدون شك قيمتها في تمكين الحيوان من أن يغير (يشكل) نفسه تبعا للبيئة التي يوجد فيها.

الفص الخلفى: THE POSTERIOR LOBE

يبدو أن الفص الخلفى للغدة النخامية لا يستطيع تصنيع أي هورمونات خاصة به



الشكل ٢٧-٩. الميلانوفورز في جلد ضفدعة. حبيبات الميلانين منتشرة خلال أفرع الخلايا وبذلك يغمق الجلد. والاصطلاح العام لأي خلية محتوية على حبيبات هو الكروماتوفور.

ولكنه ببساطة يخزن تلك المنتجات التي تنتجها خلايا عصبية موجودة في الغدة التيموسية للمخ.

وأمكن عزل هورمونات من الفص الخلفى للغدة النخامية، فالأوكسيتوسين (Oxytocin) عديد الببتيدات وينبة انقباض العضلات اللاارادية (Smooth) خاصة تلك المبطنة للرحم. ويلعب افراز هذا الهورمون، ربما بالطفل وكذلك بالأم، دورا هاما في الطفولة. وأحيانا يعطى هذا الهورمون عن طريق الحقن لأسراع عملية الولادة وكذلك اسراع اعادة الرحم الى حجمة الطبيعي. وتفرز الأم الوالدة هذا الهورمون أيضا خاصة اذا ما كانت ترضع وليدها.

ويفرز أيضا هورمون ثان عديد الببتيدات بواسطة الفص الخلفى للغدة النخامية يطلق عليه اسـم أنـتـيديوريتـيك Antidiuretic (ADH) أو كما يسـمـية اخــرون، فاسـوبـريسـين (Vasopressin)، وللهرمون المذكور(ADH) وظيفتان في الأنسان، فهو يسبب انقبـاض الجدر العضلية لبعض الشرايين، مما يقلل من تحمل هذه الشرايين وبـالتـالي يسبب زيادة ضغاط الدم، كما ينبه أيضا اعادة امتصاص الماء من انابيب الكلى. وكما ذكرنا من قبل عـن وظائف الكلى (انظر قسم ٢٥-٩)، يسبب افراز كمية



الشكل ٢٧-١٠ . MSH مؤثر على الميلانوفورز مسببا اسوداد جلد الضفدعة .

غير كافية من (ADH) فقد كمية كبيرة من الماء عن طريق الكلى ، ويطلق على هذا المرض بالأنعدام السكرى (Diabetes insipidus) ويأتى الأسم من اختبار تشخيصى مبكر لهذا المرض.فالبول السميك الناتج بسبب قلـة افراز (ADH) يكون مائى جدا وليس له طعم مميز (أي عديم الـطعم Insipidus) في حين أن البـول الـذي ينتجـة ضحـايا نقص الأنسولين على أية حال، يحتوي على كمية كبيرة من الجلوكوز و بذلك يكون حلو الطعم (أي Mellitus).

٢٧-١٠ . الغدة التيموسية (الهيبوثالاماس) THE HYPOTHALAMUS

يدعو موقع ووظيفة الغدة النخامية الى التحقق من أنها تعمل كحلقة ربط حيوية بين الجهاز العصبى وجهاز الغدد الصماء . وتقع الغدة النخامية عند قاعدة منطقة في المخ تسمى هيبـوثـالامـاس (Hypothalamus)، ويوجد عصب مباشر يصل الفص الخلفى للغـدة النخـامية بالهيبـوثالاماس، ويستقبل الفص الأمامى للغدة النخامية الدم من الهيبوثالاماس عن طريق جهاز بابي من الأوردة مشابه للجهاز الوريدى البابى الكبدى (أنظر قسم ٢٠-١٠) . ولقد تم تحديد أربعة هورمونات عديدة الببتيدات والتي ، بعد تخليقهـا في الهيبوثالاماس تذهب الى الفص الأمامى للغدة النخامية عن طريق هذه الأوردة البابية.وأحد هذه الأربعة عديدة الببتيدات ، والمسمى بالهورمون المتسبب في

انـطلاق الثيروتروبين (Thyrotropin-TRH-releasing Hormone)، ينبه الفص الأمامي للغدة النخامية لأفراز LH (مما يتسبب في تسمية هذا الهورمون بتسمية أخرى وهي : هورمـون لوتاينيـزنج - الذي يتسبب في اطلاق الهورمـون (Luteinizing hor-mone-releasin Hormone LH-RH) والهـورمـون (FSH) والهـورمـون الثـالث يسمى سوماتوستاتين، كما يعمل على تثبيط افراز هورمون (TSH) والهـورمـون الرابع ، وهو العامـل المساعد علـى افـراز الكـورتيكوتـروبين (Corticropin-releasing Factor, CRF) فينبه الفص الأمامى للغدة النخامية لأفـراز (ACTH).

ويمكن في الغـالب تتبـع فعل افراز الغدة النخامية بتأثيرة على التنبيه العصبى، فيحـدث افـراز (ADH) من الفص الخلفى عنـدما تكتشف خلايا خاصة موجودة في الهيبوثالاماس انخفاضا في المحتوي المائى للدم . كما أن افراز (انطلاق) الـ (ACTH) من الفص الأمـامى أثبت أنـه يتـأثر جزئيا بالنشاط العصبى للهيبوثالاماس ويكون مصحوبا في الغالب بالحالات العاطفية مثل الغضب والخوف.وفي الطيور، فان المؤثرات البصرية مثل اطالة مدة ضوء النهار أو الرؤية المتكررة لعضو من الجنس الأخر، أثبتت أنها تتسبب في الأنطلاق الغزير للهورمونات المنبهة للغدد التناسلية في مجرى الدم .

والاتصالات المباشرة للأوعية الدموية والعصبية بين الهيبوثالاماس في المخ والغدة الأستاذ في جهاز الغدد الصماء، وهي الغدة النخامية، تزود الالة اللازمة لربط هذين الجهازين الرئيسين المترابطين .

٢٧-١١ . الغدد الفوق كلوية (غدد الأدرينالين) .

THE ADRENAL GLANDS

غدد الأدرينـالـين عبـارة عن عضوين صغيرين موجودين واحدة فوق كل كلية، (شكـل ٢٧-٥) وهمـا غنيان بامـداداتهـا من الـدم . وكل منها مكونة من منطقتين واضحتين، المنطقة الخارجية وهي القشرة (Cotex) والداخلية وهي النخاع (Medulla).

نخاع الغدة الفوق كلوية (غدة الأدرينالين) :

THE ADRENAL MEDULLA

ولو أن نخاع غدة الأدرينالين هي في حقيقيتها غدة صماء، الا أنها تعتبر كذلك جزء

من الجهـاز العصبى، يبـدو أن خلاياهـا الأفرازية هي خلايا عصبية محورة. ويفرز النخاع هرمونين يمران الى مجرى الدم. والهورمون الأكثر معرفة من هذين الهورمونين هو هورمـون الأدرينالين (Adrenaline) وليس معروفا حتى الان بالضبط ما إذا كان للأدرينالين دورا في التمثيل الغذائي للجسم. وعلى أية حال، فانه يفرز كميات كبيرة من هذا الهـورمـون في مجرى الدم اذا ما تعرض الكائن لمؤثر خارجي مفاجىء مثل الغضب، الخوف أو الأصابة. وانتشار الأدرينالين في الجسم يشجع أنواعا مختلفة من المؤثرات على الظهور، فيزداد معدل وشدة ضربات القلب، بذلك يعمل على زيادة ضغط الدم، يتحول جزء كبير من امدادات الدم الى العضلات الهيكلية والشرايين التاجية والكبد والمخ ويرتفع معدل سكر الدم كما يزداد معدل التمثيل الغذائي، تتمدد الشعب (Bronchi) الرئوية للسماح بمرور أسهل للهواء الى ومن الرئتين، يتمدد انسان العين (يرتخى) ويوجد ميل لشعر الجسم بالوقوف منتصبا (ويظهر هذا بوضوح في القطط والكـلاب الغاضبة. أما في الأنسان وهو نسبيا عديم الشعر فهو يقوم بدلا من ذلك بحـركة "Gooseflesh") وتقل فترة تجلط الدم، وينبه الفص الأمامى للغدة النخامية لأفراز هورمون (ACTH).

والهـورمـون الثـاني لنخاع غدة الأدرينالين، هو نورادرينالين (Noradrenaline) ويسبب أيضا زيادة في ضغط الدم ويمكنه احداث ذلك بتنبيه انقباض الشرايين.

وغـالبـا، يمكن ملاحظة أن جميع الأستجابات الجسمية لهذين الهورمونين تهيىء الجسم للأستعداد لعمل جسماني عنيف. وكلنا سمعنا عن الأعمال البطولية التي نقوم بها في أوقات الخطر أو عند أية انذارات أخرى. وافراز الأدرينالين والنورادرينالين من نخاع غدة الأدرينالين عملية ميكانيكية هامة لازمة للقيام بمثل هذه الأعمال البطولية.

قشرة الغدة الفوق كلوية (غدة الأدرينالين) THE ADRENAL CORTEX

أمكن استخـلاص هورمـونـات عديدة مختلفـة من قشرة الأدرينـالـين، كلهـا استـيرويدات (Steroids) (أنظر قسم ٤-٦) متشابهة في التركيب الجزيئى ويبدو أنها تتحول مرة من واحد الى ألاخر بفعل انزيمى. وتقع تلك الهورمونات في مجموعتين:

١ ـ الجلوكوكورتيسويدات THE GLUCOCORTICOIDS

أهم أعضاء هذه المجموعة في الانسان هو الكورتيزول (Cortisol) والقريب الشبه له

الكـورتيكـوستـيرون (Corticosterone) وتسـاعد هذه الهورمونات في تحويل الدهون والبروتينات الى مواد وسطية للتمثيل الغذائي والتي تتحول بدورها الى جلوكوز، على ذلك فهي تسبب ارتفاع مستوى السكر في الدم. وأحد هذه الأعضاء الرئيسية المقصودة كذلك هو الكبد، فاذا ما أعطى الكورتيزول لحيوان تم ابعاد غدد الأدرينالين منه، يرغب هذا الهورمون الكبد في تخليق عدد من الأنزيمات الخاصة التي تتسبب في التمثيل الغذائي للبروتين والكربوهيدرانات، يقف هذا الترغيب اذا ما أعطى الأكتينومايسين د (Actinomycin D) قبل الكورتيزول وهذا يدل على أن بعض تأثيرات الكورتيزول يمكن إحداثها بالنسخ الإنتخابي للجينات.

وتعمـل الجاوكوكورتيسيدات أيضا على تثبيط الألتهابات في الجسم، لقد وجدت الجلوكوكورتسيدات المصنعة استخداما طبيا واسعا في علاج أمراض الألتهابات ابتداء من مرض النقرس (التهاب المفاصل) الى التسمم بنبات أيفـي السام (Poison-ing - Ivy).

ونحتاج الى هورمونات الجلوكوكورتيسيدات للحفاظ على الجسم أثناء فترات الشدة بعـد الفـترة الأولى القصـيرة من ضعف الأستجـابـة المشحونة للأدرينالين، ويبدو أن الأستجابة الثانية التي تدوم طويلا مستقلة تماما عن طبيعة الشدة. والتعرض لدرجات الحـرارة الشـديدة، والتسمم والجـروح الشـديدة بالجسم والأصابة بالأمراض وحتى الهيجان العاطفى كلها تتسبب في حدوث استجابات متتالية. ولقد سمى عالـم الغدد الصماء هانز سيلى (Hans Selye) تلك الأستجابات توافق (Syndrome) الملاءمة الشاملة (General adaptation). وبعد الاستجابة الأولية للأدرينالين، يعترى الجسم نوع من الصدمة "Shock" وينخفض بشدة معدل السكر والملح في الدم كما ينخفض ضغط الدم، ثم تبدأ قشرة الأدرينالين في افراز الجلوكوكورتيسيدات في مجرى الدم استجابة للأفراز الزائد من (ACTH) من الغدة النخامية. ويتسبب في بدء افراز (ACTH) نفسه مايأتى: (١) الحالة العاطفية للكائن، (٢) انخفاض مستوى الأستيرويدات في الدم، (٣) الأدرينالين الذي يفرزة النخاع. وأثناء هذا الطور من الصدمة المضادة "(Coun-tershock) تنعكس أعراض طور الصدمة وتعود الوظائف المختلفة بالجسم الى حالتها الطبيعية أو حتى الى النشاط الفوق–عادى ويدخل الكائن في طور من المقاومة اذ أنه أصبح متلائما مع الشدة (الضغط).

٢ ـ الكورتيسويدات المعدنية : THE MINERALCORTICOIDS

إن الوظيفة الرئيسية لهذه الهورمونات، الذي يعتبر الهورمون الدوستيرون (Aldos-terone) أهم هورمون فيها في الأنسان، هو تشجيع اعادة امتصاص أيونات الصوديوم وأيونات الكلوريد (Cl) في أنابيب الكلى. وليست هذه الأيونات قيمة في حد ذاتها فقط ولكن ابقاؤها في الدم يحفظ ضغطه الأوسموزى مرتفعا وهذا بدوره يضمن بقاء حجم وضغط الدم عاديا.

ويتم التحكم في معدل افراز الألدوستيرون بعدة عوامل أهمها هو مستوى الأنجيوتنسين (٢) في الدم. وفي الباب الثالث والعشرين، تم لنا اختبار الوسيلة التي بها يعمل انخفاض ضغط الدم على جعل الكلى تقوم بافراز الرنين (Renin) الذي بدورة، يؤدى الى انتاج الأنجيوتنسين (٢) (أنظر قسم ٢٣-٢٠). والتأثير المنبه للأنجيوتنسين (٢) على افراز الألدوستيرون يزود بذلك جهاز التغذية العكسية (Feed-back) السلبية والذي به يمكن الأحتفاظ بتركيز الصوديوم في (ECF)، ويسرع كذلك افراز الألدوستيرون نسبيا وجود (ACTH) ومستوى مرتفع من الكالسيوم في (ECF).

وتوجد هورمونات الكورتيسويدات المعدنية في فقاريات أخرى أيضا. وفي كل حالة فانها تعمل على التحكم في توازن الماء والملح في الحيوان، يختلف الفعل بالضبط، على أية حال، طبقا للبيئة التي يعيش فيها الكائن. وفي أسماك المياة العذبة تعمل على الحفاظ على الأملاح وعلى فقد الماء، ينعكس هذا الفعل في أسماك المياة المالحة (كالبحار والمحيطات) اذ تنشط الهورمونات اخراج الملح عن طريق الخياشيم واعادة امتصاص الماء عن طريق الكلى. والأخراج النشط للملح بواسطة الغدد الأنفية (Nasal) في الطيور البحرية والزواحف هو أيضا بسبب تأثير تلك الهورمونات (أنظر قسم ٦-٤). ولقد تمت دراسة النقل النشط لأيونات الصوديوم بكثافة في خلايا المثانة في فرخ الضفدعة (Toad) حيث تبين أن الظاهرة تعتمد على الترغيب بواسطة انزيم الألدوستيرون للتخليق الأنزيمى في سيتوبلازم هذه الخلايا. وعلى أية حال، فعند اعطاء الألدوستيرون فانه يتحرك الى النواه وفقط بعد نحو الساعة يزداد انتقال أيونات الصوديوم، تمتنع الأستجابة للألدوستيرون بواسطة أكتينومايسين (د) وهذا يؤيد الفكرة بأن التأثير المبكر للهورمون موجود على الشفرة الجينية.

وتعتبر الجلوكوكورتسيدات والكورتيسيدات المعدنية ضرورية للحياة. فتحت الظروف المعملية، تستطيع بعض الحيوانات أن تعيش لمدة أسبوعين بعد ابعاد غدد الأدرينالين منها جراحيا، لكن تجب حماية تلك الحيوانات من أية ضغوط، اذ أن اقل ضغط من أي نوع يسبب هبوطا فجائيا في مستويات السكر والأملاح في الدم ويتبع ذلك الموت السريع. ولا يمكن للأنسان أن يعيش حتى تحت أفضل الظروف بدون أدرينالين القشرة، واذا لم توجد استيرويدات القشرة بالمرة يأتى الموت في عدة أيام. وينتج عن نقص افراز تلك الهورمونات حدوث مرض أديسون (Addison's disease) وأعراض هذا المرض هي انخفاض ضغط الدم وفقد الشهية وضعف العضلات وتبلد (خمول) عام وان لم تتخذ الأجراءاتت الضرورية لتصحيح ذلك يحدث الموت بعد نحو سنتين. ولحسن الحظ، فان اعطاء الأستيرويدات القشرية المصنعة، أو (ACTH) تمكننا اليوم من اعادة المريض الى حياته الطبيعية نسبيا.

٢٧-١٢. البراعم التناسلية THE GONADS

يمتلك كل من البراعم التناسلية في الذكر والأنثى (شكل ٢٧-٥) نشاطا هورمونيا علاوة على وظائفه الأولية في انتاج الخلايا التناسلية.

الخصى THE TESTES

تحتوي خصى الذكور على نسيج غدد صماء، وهي الخلايا البينية (Interstitial).عند تنبيهها بهورمون الفص الأمامى للغدة النخامية (LH) فان تلك الخلايا تفرز أندروجينات (مثل التستستيرون)، وفي مجرى الدم يبدأ هذا الفعل عند بداية البلوغ. ويلهب التستستيرون نشوء ما هو معروف باسم الصفات الجينية الثانوية الموجودة في الرجال البالغين (انظر قسم ١٧-٦)، وهو - أي الهورمون - ضروري لأفراز الحيوانات المنوية.

ويمنع نزع الخِصى (الخَصى Castration) قبل البلوغ نشوء تلك الصفات الجنسية الثانوية، وتختلف استجابة الذكور البالغين جسميا للخَصى ولكن عموما يوجد فقد معقول لخواص الرجولة. وتستخدم الخصى كثيرا في تربية الحيوان للتزود بحيوانات ذات خواص أحسن في لحمها، أو طباع (سلوك) أهدأ. ويطلق على الأبقار والخيل

والطيـور المخصيـة الأسماء capons, gedling, steers على التوالي.

ويباع عدد من الأندروجينات المصنعة في الأسواق لأستخدامات طبية خاصة ، وتم عرض بعض البراهين على أنه من بين تأثيرات هذه العقاقير الزيادة في الوزن وقوة العضلات. وبالرغم من حقيقة أن الكثير من الباحثين لا يتفقون على وجود تلك التأثيرات، الا أن استخدام هذه العقاقير الان وجد طريقة الى بعض الرياضيين وخاصة رافعي الأثقال ولاعبي الجلّة ولاعبي كرةالقدم المحترفين. ويوجد سؤال جاد ليس فقط عما اذا كان لهذه العقاقير أثر تجديدي للخلايا لدرجة أنها توصف لهؤلاء الرياضيين ولكن أيضا لسلامتهم.

المبايض THE OVARIES

لاتحتوي الفوليكل الناضجة في المبيض على بويضة ناضجة فقط بل تعمل الفوليكل كذلك كغدة صماء. وتفرز الخلايا المساعدة للفوليكل عدة هورمونات استيرودية تسمى استروجنز (Estrogens) ويتم تنبيه تلك الخلايا لأفراز هورموناتها بالتأثير المشترك لهرموني (FSH) و (LH) واللذين يفرزهما الفص الأمامى للغدة النخامية.

وللأستروجنز وظيفتان رئيسيتان في جسم الأنثى. الأولى، تنبيه النشوء المبكر عند البلوغ للصفات الجنسية الثانوية (أنظر قسم ١٧-٧) والثانية المساهمة في الأستعدادات الشهرية للجسم لأمكانية الحمل، يشمل هذا استعداد الأندوميتريام (البطانة الداخلية للرحم) لأستقبال الجنين، فتصبح تلك البطانة اسمك واكثر تزودا بالدم. ولقد تم شرح بعض الأنشطة الجزيئية التي لها دخل في تلك التغيرات في قسم (١٥-٢).

والكورباس لوتيم (Corpus luteum) (والتي تنتج بعد التبويض - أنظر قسم ١٧ - ٧) هي أيضا غدة صماء، بتنبيهها بهورمون (LH) فانها تفرز هورمون البروجستيرون (Progesterone) في مجرى الدم، يستمر هذا الهورمون في تجهيز الرحم للحمل ويمنع نشوء أي فوليكل جديدة. واذا ما حدث الحمل، تستمر الكورباس لوتيم في افراز البروجستيرون. وعلى أي حال، بقرب موعد الولادة يقل افراز البروجستيرون ويحل محلة الأفراز الغزير لهورمون الريلاكسين (Relaxin) ويسبب هذا الهورمون الأخير ارتخاء الأربطة (Ligaments) الموجودة بين عظام الحوض، يؤدى ذلك

الى ايجاد ممر مرن للطفل أثناء الولادة.

ويتـم افراز الأستروجنـز نتيجة التنبيه بالهـورمونيـن (FSH) و (LH) بينما يتم افراز البروجستيرون نتيجة التنبيه بهورمـون (LH) بمفـردة. ويعمـل كلا الأستروجين والبـروجستـيرون عكسيا على الهيبوثالاماس (Hypothalamus) وذلك يمنع الأخير من افـرازها للهورمون الذي يتسبب في افراز الجونادوتروبين (Gonadotropin) والمسمى (GnRH) وعلـى ذلـك، يمنع انتـاج (FSH) و (LH) من الفص الأمامى للغدة النخامية. وهذه التداخلات الهوميوستاتيكية (Homeostatic) (والمشابهة لتلك الموجودة بين TSH والثيروكسين) تعمل على التوفيق بين انتاج الأستروجنز والبروجستيرون طبقا لأحتياجات الدورة الشهرية الجنسية. ويزودنا الأستروجنز والبروجستيرون بالأساس الفسيولوجي لتأثير الحبوب Pills" كعامل لمنع الحمل. وتحتوي حبة منع الحمل على كلا الأستـروجين والبروجستيرون المصنعيـن. ومثل الهورمونـات الطبيعيـة، تعمل هذه المواد على الهيبـوثـالاماس لمنع افـراز (Gn RH) وبالتالـي منع انتـاج (FSH) و (LH) بواسطـة الغدة النخامية (أنظر الشكل ١٧-١٤). وبدون (FSH) و (LH) لا يتم نشوء الفـوليكـل الـطبيعية أو حدوث التبـويض. وتمنع الحبة كذلك الخطوات التي تمكن الويبضة من التحرك لأسفل في أنبوبة فالوب إذا ما يكون قد تم حدوث الأخصاب، وتنزرع البويضة في الأندوميتريام (Endometrium) وتؤخذ الحبة عادة لمدة ٣ أسابيع ثم يوقف تناولها لمدة أسبوع للسماح بحدوث الحيض الطبيعي.

وعند نهاية سنى انجاب المرأة (سن اليأس أو أمتناع الحيض - Menopause) يقف انتاج البويضات والأستروجنز. ويمنع انقطاع الأستروجنز فرملتة للغدة النخامية، تفرز كميات كبيرة من (FSH) في مجرى الدم، تكون عندئذ ميكانيكية التحكم قد تحطمت. ويتسبب ارتفاع مستوي (FSH) في حدوث عدة أعراض غير سارة جسمانية وعاطفية، ويعطى كثير من الأطباء الأستروجنز في هذا الوقت لأعادة فرض الفرملة (Brake) على افراز (FSH) من الغدة النخامية حتى تتلاشى الأعراض المذكورة.

٢٧-١٣. المشيمـة THE PLACENTA

تتم تغذية جنين الانسان داخل رحم الأم عن طريق الحبل السرى والمشيمة واللذين يصـلان الجنين اتصالا غير مباشر بالدورة الدموية للأم. وبعد أيام قليلة من زراعة

البـلاستـوسيست (انـظر شكل ١٧-١٧) تبدأ الخلايا التي ستكون المشيمة في افراز الجونادوتروبين الكربوني (Chorionic) البشرى (HCG) ويشبة عمل هذا الهورمون عمل الهورمونين (FSH) و (LH) ولكن بعكس هذين الهورمـونين، فان الهورمون (HCG) لا يتوقف عند ارتفاع مستويـات البروجستيرون والأستروجنز. وبذلك فان (HCG) يجعل الحمل مستمر أبعد نهاية الدورة العادية للحيض. ويزودنا الظهور المبكر لهورمون (HCG) في بول المرأة الحامل بالأساس للأختبار الأكثر شيوعا للحمل.

وبنمو المشيمة، تبدأ في افراز الأستروجنز وكميات كبيرة متزايدة من البروجستيرون. وفي بداية الأمـر، يضـاف بروجستـيرون المشيمة إلى ما تفرزة الكورباس لوتيام من البروجستيرون، لكن بعد خمسة أشهر، على أية حال لا نحتاج إلى الكورباس لوتيام، اذ يكون البروجستيرون الذي تفرزة المشيمة كافيا للحفاظ على الحمل إلى حين أن يأتي الوقت لولادة الطفل.

٢٧-١٤ . الغدة الصنوبريـة THE PINEAL GLAND

الغدة الصنوبرية تركيب صغير بحجم البسلة وملتصقة بالمخ فوق المخيخ (Cere-bellum) مباشرة (شكل ٢٧-٥) وتنتج هذه الغدة هورمونا يسمى ميلاتونين (Melato-nin) وعند حقن هذا الهورمون في الضفدعة، يصبح لون الجلد فاتحا بدرجة ملحوظة اذ أن تأثيـرة على الميلانـوفـورز (Melanophores) (شكـل ٢٧-١٠) هو عكس تأثير هورمون (MSH).وفي فأر المعمل والهامستر (Hamster) يمنع الميلاتونين الغدد التناسلية من العمـل كمفـرزة للجـاميطات أو حتى كغدد صماء، ويزداد افراز الميلاتونين في تلك الحيوانات بشكل ملحوظ عند وضع الحيوانات في الظلام ويقل عند تعرضها للضوء. وكثير من الثدييات تكون براعمها التناسلية غير نشطة في الشتاء، ومع زيادة طول النهار في الربيع، تصبح غددها التناسلية نشطة مرة أخرى ويتبع ذلك الجماع. ولربما تعمل الغدة الصنوبرية عن طريق افرازها للميلاتونين، كحلقة وصل ما بين الأعين والبراعـم التناسلية في هذه الإستجابة الضوئية (Photoperiodic) . وبالنسبة للإنسان، فإن دور الغدة الصنوبرية مايزال غير واضح.

٢٧-١٥ . الكليــة THE KIDNEY

للكلية على الأقــل ثلاث وظــائف صماء (Endocrine) ، وفي قسمى (٢٣-٥ ،

٢٧-١١) تم اختبـار الدور الذي يلعب فيه افرازها للرنين (Renin) في الحفاظ على ضغط الدم. وفي قسم (٢٧-٦)، لاحظنا أن الكلية تكمل تحويل الكالسيفيرول الى أهم أشكالة الفعالة. وتفرز الكلية كذلك هورمون الأريثروبويتين (Erythropoietin) في مجرى الدم، خاصة استجابة لمرض الانيميا، ويعمل هذا الأريثروبويتين على نخاع العظام ليجعله يزيد من انتاجه من خلايا الدم الحمراء.

٢٧-١٦. الهورمونات وتوازن وظائف سوائل الجسم (الهوميوستازيس)

HORMONE AND HOMEOSTASIS

تظهر دراستنا على جهاز الغدد الصماء في الأنسان كنه الأدوار الهامة المتنوعة التي يتم الحصـول عليهـا نتيجـة التنسيق الكيميائي. وأغلب (وليس كل) تلك التحكـمات الكيميائية تعمل بطريقة بطيئة نسبيا وشاملة. فالنمو والنشوء والتمثيل الغذائي هي ثلاث عمليات خاصة بالجسم خاضعة للتحكم الهورموني الذي يعمل بالتدريج لفترة معينة من الوقت.

ويلعب جهـاز الغدد الصماء أيضا دورا رئيسيا في الحفاظ على بيئة داخلية ثابتة. فتركيز كل من السكر والماء والأيونات الملحية المختلفة في (ECF) يتم الحفاظ عليه داخل حدود طبيعية نتيجة العمل الهورموني. ويوجد على الأقل ثلاث تحكمات ميكانيكية والتي بها تحافظ الهورمونات على توازن وظائف السوائل (الهوميوستازس) في الجسم وهي:

١ ـ التحكم في افراز بعض الهورمونات مباشرة نتيجة الحاجة الى هذه الهورمونات، ويثبط المستوى المرتفع لأيونات الكالسيوم في الدم افراز هورمون (PTH) بينما ينبه افرازة المستوي المنخفض لأيونات الكالسيوم هذه كما يؤثر مستوي السكر في الدم مبـاشرة على جزر لانجرهانز، مشجعا الأستجابة الملائمة لتلك الجزر. ويبدأ الضغط الأسمـوزي للدم شرارة (بمساعدة الجهاز العصبي) انتاج هورمون (ADH) أي تعديلة بنفسه.

٢ ـ في بعض الحالات لابد وان تكون استجابة غدة لمستوى مادة تقوم تلك الغدة بتنـظيمهـا بطيئـة، وقد يسبب التأخر الناتج نتيجة للأستجابة تذبذبات غير مستحبة أعلى وأسفل المستوي المطلوب، ويمكن تحسين هذا المـوقف عن طريق هورمون ثان يعمل بالتعارض مع الأول. ويزودنا هذا العمل المتعارض لمثل هذه

الأزواج مـن الهـورمـونات مثل الأنسولين - جلوكاجون ، PTH - كالسيتونين بجهاز للمراقبة والتوازن لأعادة التوازن الهوميوستاتيكي بسرعة بعد أي خلخلة له (أي بعد فقده لتوازنه) .

٣ ـ الجهـاز الثـالث للوصول الى التنظيم الذاتي لأنتاج الهورمون يمكن توضيحة بالعلاقة بين (TSH) والثيروكسين . فكلما نبه هورمون انتاج هورمون ثان ، نجد أن هذا الهورمون الثاني يعمل ، بدورة ، على تثبيط انتاج الهورمون الأول . ومثال أخـر لهذا الجهـاز الثـالث هو الـطريقة التي تحافظ بها المستويات المرتفعة من الأسـتروجنز على انتاج (FSH).هنا ثانية يوجد جهاز تحكم ذاتي (مشابة لعمل ملاحظ على ماكينة مراقبة) للحفاظ على الهوميوستازس (أي على توازن وظائف السوائل بالجسم) .

٢٧-١٧ . طريقـة عمـل الهورمونات : THE MECHANISM OF ACTION OF HORMONES

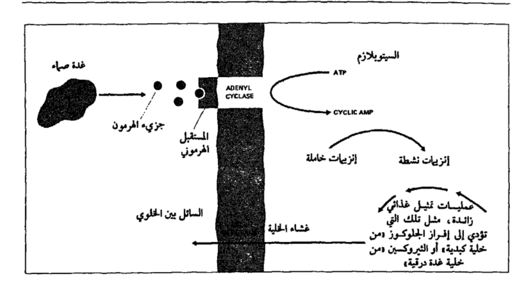
تنتقل جميع هورمونات الأنسان التي قمنا بدراستها في هذا الباب عن طريق مجرى الدم ، وبذلك فانها تحمل من الغدة الصماء التي تفرزها الى كل خلية من خلايا الجسم . وفي بعض الحالات (كما في الثيروكسين) تستجيب كل خلية في الجسم لوجود الهورمون . وفي أغلب الأحوال فان بعض الخلايا فقط ، وهي الموجودة في العضو الهدف (Target) هي التي تستجيب . ويمكن مقارنة هذا التنظيم بذلك الموجود في محطة اذاعة الراديو ، اذ نحن نعيش محاطون بأشعة كهرومغناطيسية من عدد كبير من محطات الإرسال ، لكن جهـاز الإستقبـال المضبـوط فقط هو الـذي يمكنه الأستجابة لهذه الطاقة . وبنفس الطريقة ، فان بعض الخلايا فقط في أجسامنا قد تتنافس على الأستجابة لهورمون معين يدور في الدم .

ولا يمكن غض النظر عن مسألة تنافس الخلايا ، فالهورمونات ، في حد ذاتها ، لا تستطيع انجاز الأعمال المختلفة المكلفة بها . فالهورمونات ببساطة تفرز بداخل خلايا الهدف وتظهر قدراتها للتعامل مع الموقف . فالأنسولين المضاف الى الدم في انبوبة اختبار يكون عديم التأثير على محتويات الجلوكوز ، ولكنه في الكائن الحي ، على أية حال ، يمكن هذا الأنسولين الخلايا من تخفيض مستوى سكر الدم بها .

ولقد لاحظنا خلال هذا الباب أن كثيرا من الهورمونات تضم من بين التأثيرات التي تسببها تنبيه تخليق بروتين، وهذا التأثير في العادة يثبطه اكتينومايسين (د). ونظرا الى الدور الذي يلعبة الأكتينومـايسين (د) في منع شفـرة DNA (مثل تخليق RNA) يمكننا من أن نستخلص أن هذه التأثيرات الهورمونية تشمل تثبيط الفعل الجيني.

وفي محاولـة اكتشـاف طرق فعل الهورمون، أصبح واضحا أن هورموناتنا تقع في مجمـوعتـين رئيسيتـين. الأولى هي الهـورمـونـات الأستـرويديـة (Steroid) (مثـل الأسـتروجنـز، الكلورتيزول، الألدوستيرون، الكالسيفيرول) والتي تدخل في خلايا هدفها. وفي كثير من الحالات، أمكن توضيح أنه، بمجرد وجوده داخل الخلية، فان الهورمون يتحرك بسرعة الى داخل النواة مرتبطاً بأحد بروتينات السيتوبلازم. وبمجرد وجوده داخل النواة، فان معقد الهورمون والبروتين يرتبط مع الكروماتين (على الأقل في حالة الأستروجين، والكورتيزول والبروجستيرون - شكل ١٥-٣)، وتحث كل هذه الأحداث على النشاط الجيني. ومحاولة معرفة ماهو الدور الذي تلعبة هذه المعقدات في عملية الترغيب، لهو مجال نشاط كبير لأجراء البحوث.

وتكـون الهورمونات البروتينية وعديدة الببتيدات (وكذلك الهورمونات المشتقة من الأحماض الأمينية مثل الأدرينالين) المجموعة الثانية الرئيسية. وهذه الهورمونات (والتي منها الأنسولين، ACTH, PTH, MSH ، الجلوكاجون، LH, ADH, TSH) قد ترغب كذلك النشـاط الجيني، ولكن ميكـانيكيتهـا أثنـاء العمل تختلف. فهي لا تدخل خلاياها المقصودة (الهدف) ولكن، بدلا من ذلك ترتبط بمستقبلات خاصة موجودة على سطح الخلية. وبعملها هذا، فهي تنشط انزيما متصلا بالغشاء يسمى أدينايل سيكليز (Adenyl cyc-lase) (الشكل ٢٧-١١). وينشط الأدينايل سيكليز تحول (ATP) في السيتوبلازم الى (AMP) حلقي (الشكل ٢٧-١٢) ويتأثر عدد غير عادي من وظائف الخلايا (اما بتنبيهها أو بمنعها) بارتفاع مستوى (AMP) الحلقي بداخل الخلية. وتعتمد الوظائف الخاصة التي تتأثر في أي خلية من الخلايا على نوع الخلية المشتركة، أي على تاريخها الماضي في التشكل (Differentiation) وبذلـك فان (AMP) الحلقي ينبـه الخلايا (B) في جزر لانجرهانز كي تفرز الأنسولين، وخلايا الكلية كي تفرز الرنين، وأيضا خلايا الكبد لتحول الجليكوجين الى جلوكوز، وخلايا الغدة الدرقية لتفرز الثيروكسين، وهكذا. ولقد اكتشف ال (AMP) الحـلقـي ودورة كرسـول ثان في عمـل الهـورمـون بواسـطة العـالم ايـرل



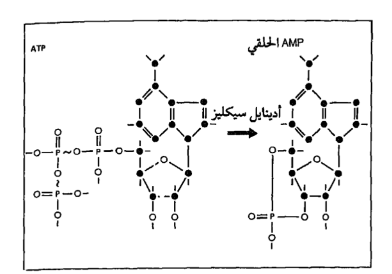
الشكل ٢٧-١١. الميكانيكية المحتملة لفعل بعض الهورمونات. ارتباط الهورمون (الرسول الأول) بمستقبلات معينة على غشاء الخلية ينبة الانتاج داخل خلية (AMP) الحلقي، الرسول الثاني.

سزرلاند (Earl Sutherland) والذي منح في عام ١٩٧١م جائزة نوبل بسبب هذه الأكتشافات.

وبينما يمكن ارجاع الكثير (وليس الكل) من عمل الهورمونات الى النشاط الجيني، فالميكانيكية أثناء العمل هي بالتأكيد اكثر تعقيدا عن تلك المكتشفة في البكتيريا *(E. coli)* وحتى اذا مـا تفاعلت بعض الهورمونات مباشرة مع (DNA) فحقيقة أنها يمكنها عمل ذلك فقط في بعض خلايا الهدف (مثل الأستروجين في خلايا الرحم) وليس في غيرها، وهذا يدلنا على أنه يوجد شيء اكثر من ذلك مشترك في العملية. ولقد قررنا أن لكل خلية في أي كائن مكتبة كاملة من المعلومات الوراثية، فلماذا اذن، يمكن لبعض الجينات أن تعبر عن نفسها في بعض الخلايا وليس في البعض الأخر؟ والأجابة غير معروفة ولكن بكل تأكيد هي حصيلة تاريخ الخلية، أي، عملية تشكل الخلية نفسها. واذا ماتفهمنا في النهاية ميكانيكية التحكم الجيني والتي بها يمكن للخلية أن تتشكل، سنكون أقرب كثيرا الى تفهم تأثيرات الهورمونات المختلفة عليها.

٢٧-١٨. الفيرومونات : THE PHEROMONES

الهورمونات هي مواد كيميائية يتم افرازها في البيئة الداخلية أي في (ECF) بواسطة الغـدد الصماء (Endocrine glands) وبانتقالها خلال الجسم، فهي تنسق الكثير من



الشكل ٢٧-١٢. تحول ATP إلى AMP حلقي. (ذرات الكربون موضحة بالألوان، وذرات النيتروجين باللون الأسود، وذرات الهيدروجين بشرط قصيرة).

أنشطة أجزائة المختلفة. ويؤدي هذا التناسق، من بين أشياء أخرى، الى تنظيم متلاحم للخواص الكيميائية للبيئة الداخلية وأنشطة أجهزتنا الداخلية.

وفي السنوات الأخيرة، ظهرت مجموعة مختلفة تماما في تنظيمها الكيميائي والتي نالت الكثير من الدراسة الواعية، تلك هي الفيرومونات (Pheromones). والفيرومونات هي مواد كيميائية تفرز في البيئة الخارجية (External environment) بواسطة غدد ذات افراز خارجي (Exocrine glands) وهي تزود وسيلة اتصال مع الأفراد الأخرى من نفس النوع (Species).

وفي بعض الحالات، يكون الأتصال ذو دهاء. وتحدث الفيرومونات التي تفرزها بعض أفراد النوع ببساطة تغيرات فسيولوجية في الأفراد الأخرى، ولاتؤدي هذه التغيرات في العادة لأي استجابة خارجية مباشرة لفترة من الوقت. فذكر الجراد البالغ في النوع الذي يهاجر ضمن سرب جراد يفرز فيرومونا يسرع، اذا ما اكتشفته الأفراد الغير بالغة من نفس النوع، من نمو هذه الأفراد. وهذا بدوره يسرع الوقت الذي سيتكون عنده السرب المهاجر والذي بعده سيطير هذا السرب في الجو. وتفرز ملكة نحل العسل في المستعمرة (الخلية) مادة تمنع شغالات نحل العسل من نمو مبايضها ووضع البيض. وعلى أية حال، اذا ما قتلت الملكة أو أبعدت عن الخلية، فان اختفاء فيرومون الملكة يسمح لبعض الشغالة أن تقوم بوضع البيض.

وتم اكتشاف فيرومونات أخرى والتي تشعل الشرارة للبدء في العمل الفورى بمجرد

اكتشافها. وعند اقلاق أي نملة، فهي تفرز من غدد موجودة في رأسها مادة كيميائية طيارة والتي تنتشر بسرعة في جميع الأتجاهات، ويمكن اكتشاف تلك المادة الكيميائية بأفـراد النمل الأخرى الموجودة على بعد عدة سنتيمرات من مكان افراز الفيرومون. وتنجذب أفراد النمل بالتركيزات المنخفضة للمادة وتبدأ في التحرك نحو المنطقة ذات التركيز المتزايد. وبقربهم اكثر وأكثر لعش زملائهم الذي تم ازعاجة، تتغير استجابتها إلى استجابة انذار (Alarm).ويتسبب التركيز الأعلى للفيرومون في جرى النمل بنشاط وهي تعالج سبب الأزعاج واذا لم تفرز كميات اضافية من هذا الفيرومون، سرعان مايتشتت النمل. وهذا هام أيضا، اذ أنه بمجرد زوال الطاريء، يمكن للنمل أن يعود بسرعـة إلى وظـائفـة السـابقـة. ولقـد تم اكشـاف العديد من فيرومـونات النمـل الأخـرى، منها فيرومون تضعة في الأثر (Trail) الفيروموني إحدى الشغالات العائدة إلى العش ومعها غذاء، ويجذب هذا الأثر ويرشد أفراد النمل الأخرى إلى مصدر الغذاء (الشكل ٢٧-١٣)، ويستمر تجديد هذا الفيرومون طالما يستمر وجود المصدر الغذائي، وعنـدمـا يبدأ المصدر في التضاؤل، على أية حال، ينتهي عمل الأثر. ويتبخر الأثر الفيروموني بسرعة حتى تتوقف أفراد النمل الأخرى من الحضور إلى الموقع وحتى لا يختلط عليها الأمر بسبب الأثار القديمة اذا ما كان الغذاء موجودا في مكان اخر.



الشكل ٢٧-١٣ . عصـاة معاملـة بفيرومون الأثر (Trail) لنملة (إلى اليسار) والذي يمكن استخدامة كأثر صناعي يتبعه النمل واحدة خلف الأخرى والذي يخرج من عشة (إلى اليمين). ولا يمكن لأفراد نمل أخرى أن تحافظ على الأثر الا اذا وضع غذاء عند نهايته (بتصريح من سول ميدنيك، سيانتيفيك أميريكان).

ولقد وجدت أغلب الفيرومونات المكتشفة حتى الأن في أنواع الحشرات، ولو أن القليل تم اكتشافة في الحيوانات الأخرى. علاوة على ذلك، فان أحسن جهاز اتصال فيروموني متقن وجد في الحشرات الأجتماعية - النمل العادي والنمل الأبيض والنحل. ويبدو أنه مثلما تفعل الهورمونات في المساعدة على التنسيق بين أفعال الأنسجة والأعضاء والأجهزة داخل الكائن، فالفيرومونات كذلك تساعد على تنسيق أفعال الأفراد التي تكون المجتمع.

والأستجابة للفيرومون هي استجابة لواحد من عدة أنواع من المؤثرات الموجودة في البيئة الخارجية للحيوان. ولأجل اكتشاف المؤثر والقيام باستجابة فورية متناسقة، لابد من وجود الجهاز العصبي. والان لابد من أن نوجه اهتمامنا إلى الموضوع العام للتنسيق (التوافق) العصبي.

ملخص البـاب CHAPTER SUMMARY

تتأثر أنشطة خلايا الكائنات عديدة الخلايا باشارات كيميائية تصل اليها من خلايا أخرى في الكائن. والهورمونات هي مواد كيميائية يبدون أنها تعمل كلية كمنسقات للوظائف الخلوية. وتمت دراسة التنسيق الهورموني على وجة الخصوص في الحشرات وفي الحيوانات الفقاريات. وفي كلتا الحالتين، يتم افراز الهورمونات في الدم بواسطة خلايا خاصة صماء (ذات افراز داخل الجسم Endocrine).

والخلية التي يمكنها الأستجابة لوجود هورمون معين في (ECF) بها هي الخلية الهدف (Target) لهذا الهـورمـون. وتعتبر كثير من الخلايا هدفا لمثل تلك الهورمونات ذات التأثر - العريض مثل الأنسولين والثيروكسين، بينما يكون أحد أو القليل من انواع الخلايا قادرة على الأستجابة لهورمونات ذات فعل محدد مثل (GnRH) و (MSH).وفي كل حالة فإن قدرة الخلية للقيام بدور الخلية الهدف هو موضوع نوعى للحالة التشكلية (Dif-ferentiation) لتلك الخلية.

ولكى تكون خلية هدف، فلابد من وجود مستقبلات بتلك الخلية تكون قادرة على ارتبـاط بجزيء الهورمون، ونتيجة لذلك، تنبه تغييرات فسيولوجية بداخل الخلية. وتنشط مستقبلات الهورمونات البروتينية والببتيدية انزيم أدينايل سيكليز (Adenyl Cyc-

(lase) والذي، مثل مستقبلات الهورمون، يندمج في غشاء الخلية. وتنشيط انزيـم الأدينايـل سيكليـز بسبب الأرتباط الهورموني يرفـع مستوى (AMP) الحلقي في الخلية، والذي بدورة، ينبه أنشطة التمثيل الحيوى المميزة للخلية.

وترتبط الهورمونات الأستيرويدية بمستقبلات في سيتوبلازم خلايا هدفها. ويدخل معقـد الأستقبـال الهـورمـوني (Hormone-receptor complex) النواة، حيث ينظم التعبير الجيني المشترك في الوظائف الخاصة لتلك الخلية بالذات.

تمارين ومسائل : EXERCISES AND PROBLEMS

١ ــ لخص الوسائل التي تساهم في التحكم في مستوى سكر الدم في الجسم.

٢ ــ العلاج بالجلوكوكورتيسويدات (Glucocorticoid) في الطفل غير مرغوب فيه لأنه قد ينتج عنه تقزم حاد في النمو. ما هي الوسيلة المسئولة عن ذلك؟

٣ ــ لماذا يفضل اعطاء الأنسولين بالحقن بدلا من الفم؟

٤ ــ كيف يؤثر كل مما يلي في كمية وتركيب البول المتكون في الأنسان:

(أ) زيادة افراز ADH

(ب) قلة افراز الأنسولين،

(ج) شرب كميات غزيرة من الماء؟

٥ ــ ماهي الغدد الصماء التي يتحكم فيها افراز غدد صماء أخرى؟

٦ ــ ماهي أوجه الشبه التي تجدها بين علاقة الأعضاء في كائن من الكائنات وعلاقة الأفراد في مجتمع من المجتمعات؟

٧ ــ كيف يحدث الأتصال بين أجزاء الكائن ؟

٨ ــ كيف يحدث الأتصال بين أجزاء مجتمع من المجتمعات ؟

٩ ــ ماهي أهمية السكون (البيات) في الحشرات ؟

١٠ ــ قارن بين الوسائل والتي بها. (أ) ينظم الجسم تركيز الماء في الدم،

(ب) الحفاظ على درجة حرارة ثابتة في منزلك.

١١ ــ ميز بين الأنشطة الجزيئية والتي تحدث عند التفاعلات التالية مع خلايا هدفها:

(أ) هورمون عديد الببتيد أو بروتيني ،

(ب) هورمون استيرويدى

REFERENCES المراجع :

1 - WIGGLESWORTH, SIR VINCENT, Insect Hormones, Oxford Biology Readers No. 70, Oxford University Press, Oxford, 1974.

2 - TATA, J. R., Metamorphosis, Oxford Biology Readers, No. 46 Oxford University Press, Oxford, 1973. Considers both amphibians and insects.

3 - NOTKINS, A. L., "The Cause of Diabetes," Scientific American, Offprint No. 1450, November, 1979.

4 - RASUMESSEN, H., and M. M. PECHET, "Calcitonin," Scientific American, Offprint No. 1200, October, 1970.

5 - LOOMIS, W. F., "Rickets," Scientific American, Offprint No. 1207, December, 1970. Explains why calciferol should be considered a hormone rather than a vitamin.

6 - BANTING, F. G., and C. H. BEST, "The Internal Secretion of the Pancreas," Great Experiments in Biology, ed. M. L. Gabriel and S. Fogel, Prentice Hall, Englewood Cliffs, N. J., 1955. A description of the method by which insulin was finally isolated. This work, for which Banting shared a Nobel prize, led ultimately to the development of insulin therapy for diabetics.

7 - GUILLEMIN, R., and R. BURGUS, "The Hormones of the Hypothalamus," Scientific American, Offprint No. 1260, November, 1972. Describes the evidence for the existence of several hypothalamic hormones that regulate secretion of anterior-lobe hormones.

8 - WURTMAN, R.J., and J. AXELROD," The Pineal Gland" Scientific American Offprint No. 1015, July, 1965.

9 - PASTAN, I., "Cyclic AMP," Scientific American, Offprint No. 1256 August, 1972.

10- RANDLE, P. J., and R. M. DENTON, Hormone and Cell Metabolism, Oxford Biology Readers, No. 79, Oxford University Press, Oxford, 1974. With emphasis on the activities of cyclic AMP.

11- HOLLDOBLER, B., "Communication between Ants and their Guests," Scientific American, Offprint No. 1218, March, 1971. Including the role played by pheromones.

CHAPTER 28 الباب الثامن والعشرون

عناصر التوافق العصبي

THE ELEMENTS OF NERVOUS COORDINATION

الباب الثامن والعشرون
عناصر التوافق العصبي

يختلف التوافق العصبي عن التوافق الهورموني (افرازات الغدد الصماء) بانه اسرع وعـامة اكثر موضعيا في فعلة . ويمكن التوافق العصبي الكائن للأستحابة السريعة للتغيرات الخارجية وكذلك الداخلية للبيئة . وهذا بعكس جهاز الغدد الصماء ، الذي ، كما نعلم ، ينصب اساسا على التغيرات الداخلية ولو ان كلا النباتات والحيوانات تقوم بالتوافق الكيميائي بمساعدة هورمونات منقولة ، الا ان التوافق العصبي هو من خواص الحيوانات فقط .

٢٨-١ . المكونات الثلاثة للتوافق العصبي
THE THREE COMPONENTS OF NERVOUS COORDINDTION

تحتاج قدرة الكائن للأستجابة للتغيرات في بيئة إلى وجـود ثلاثة مكونات مختلفة . الأول، لابد من وجود مستقبل منبه ، هو مركب قادر على اكتشاف نوع معين من التغيير (Change) في البيئة وبدء اشارة النبض العصبي في الخلية العصبية والذي يتصل بها . واعضـاء الحس عنـدنا هي مستقبلات منبهه . وباغلب الحيوانات مستقبلات لقوي ميكـانيكية (المستقبـلات الميكـانيكية) وكيميائية (المستقبـلات الكيميائية) . وبعض الحيوانات ، مثل الحمام ، حساسة للمجالات المغناطيسية ، البعض الاخر منها، مثل الاسماك الكهربائية ، يمكنها اكتشاف المجالات الكهربائية الضعيفة .

والمكون الثاني في الاستجابة العصبية والتوافق يتكون من موصلات (Conductors) النبضـات وهي الاعصاب نفسها . وتتكون الاعصاب من حزم من الالياف الباعثة

(المسببـة) تسمى الاعصـاب (Axons) بنفس الـطريقة التي يصنع بها كابل التليفون والمكـون من حزم من الاسلاك. والالياف العصبية هي امتدادات طويلة من خلايا خاصة هي الخلايا العصبية (Neurons).ويوجد نوعان من الخلايا العصبية تكونان معظم الاعصـاب، الخـلايا العصبية الحسيـة (Sensory Cells) والتي تنقـل النبضات من مستقبل المؤثر إلى الجهاز العصبي المركزي وهو المخ والحبل الشوكي، والخلايا العصبية المـوصلة (Motor Cells) التي تنقـل النبضـات العصبية المـوصلة من الجهاز العصبي المركزي إلى الجزء من الجسم والذي سيقوم بأداء العمل المطلوب منه.

وفي القليل من الحـالات، تنقـل الخلايا الحسية نبضاتها مباشرة إلى الخلايا العصبية المـوصلة، وتكون الـوصلة بينهـا موجـودة في الجهـاز العصبي المركزي. وفي اغلب الاوقات، تمر النبضات من الخلايا العصبية الحسية خلال واحد او اكثر من الخلايا العصبية البينية (او الرابطة) (Interneurons) قبل وصولها في النهاية إلى خلية عصبية موصلة. ويتكون الجهاز العصبي المركزي من الملايين من تلك الخلايا العصبية البينية، ويزودنا تركيبهـا المعقد في الواقع بعدد غير محدود من الطرق التي تسافر عن طريقها النبضات خلال الجهاز العصبي المركزي. وهذا، بدوره، يمكن انتقال مجموعة كبيرة مختلفـة من التفاعلات المعقدة بطريقة متوافقة. وإذا ما قورنت الاعصاب بكابلات التليفون، يجب مقارنـة الجهاز العصبي المـركزي بلوحات التحويل (Switchboards) في التحويلات التليفونية.

ويتكون المكون الثالث في التوافق العصبي من المؤثرات (Effectors) وهي مركبات تقوم ببعض الافعال استجابة للنبضات التي تصلها عن طريق الخلايا الموصلة. واهم المؤثرات في الانسان هي العضلات والغدد (الخارجية والداخلية الافراز).

وسنتحدث في هذا الباب عن خواص الخلايا العصبية، ثم بعد ذلك سنقوم بدراسة الانـواع المختلفـة للمستقبلات التي تبدأ النبضات في الخلايا العصبية الحسية. وفي الباب التالي، سنتناول بالدراسة ترتيب الخلايا العصبية في الاجهزة العصبية المركزية والسـطحية. وسيخصص البـاب الثـلاثـون لموضـوع العضـلات وبعض المؤثـرات الاخـرى. وسنبحث في الباب الاخير من الجزء السابع كيفية تداخل جميع مكونات التوافق العصبي لانتاج السلوك.

٢٨ - ٢ . القوس المنعكس THE REFLEX ARC

ان ابسط وحدات الاستجابة العصبية هي القوس المنعكس . والخلية العصبية في الفرد هي الوحدة التركيبية للجهاز العصبي ، ولكن القوس المنعكس هو وحدة الوظيفة . ويمكننا توضيح القوس المنعكس بملاحظة ما يجري عندما تلمس فرن ساخن إذ تجذب يدك بعيدا ، تسمى هذه الاستجابة السحب المنعكس (Withdrawl Reflex) ولكى تتم تلك العملية لابد من حدوث الافعال التالية :

١ ــ اكتشاف المؤثر بمستقبلات في الجلد .

٢ ــ وهذه تسبب بدء النبضات العصبية في الخلايا العصبية الحسية الذاهبة من تلك الخلايا إلى الحبل الشوكى .

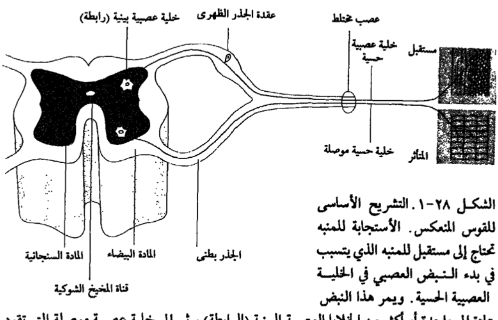
٣ ــ تدخل تلك النبضات الحبل الشوكى وتسبب بدء النبضات في واحدة او اكثر من الخلايا العصبية البينية (او الرابطة) .

٤ ــ تسبب الخلايا العصبية البينية النبضات في الخلايا العصبية الموصلة المناسبة .

٥ ــ عند وصول تلك النبضات إلى الوصلة الموجودة مابين الخلايا الموصلة و العضلات تتنبة العضلات (و المسماه بالعضلات المرنة Flexors) كي تنقبض وعندئذ تنسحب يدك .

ويحتاج السحب الكفء لليد كذلك إلى منع بعض العضلات في ذراعك (العضلات القابلة للامتداد Extensors) من العمل ، ويتأتى ذلك بواسطة الخلايا العصبية البينية المانعة الموجودة في الحبل الشوكى . فعند تنبيه تلك الخلايا البينية بالخلايا العصبية الحسية ، وتقوم بمنع الخلايا العصبية الذاهبة إلى العضلات القابلة للامتداد عن العمل .

ويمكن مشاهدة الاساس التركيبي لتلك الوظائف في الشكل (١٨-١) ولو ان هذا الشكل مبسط لدرجة كبيرة جدا عما يحدث بالفعل . فتنظيم الخلايا العصبية الحسية والبينية والموصلة ليس نموذجا بسيطا (١ : ١ : ١)، إذ ان اي خلية عصبية حسية تنقل النبضات إلى العديد من الخلايا العصبية البينية ، خلية عصبية بينية واحدة قد ، بدورها ، يتجة اليها عدة مئات من الخلايا العصبية الحسية والبينية . وقد يتجة كذلك اكثر من الف خلية عصبية بينية (وبعض الخلايا العصبية الحسية) إلى خلية موصلة



الشكل ٢٨-١. التشريح الأساسى للقوس المنعكس. الأستجابة للمنبه تحتاج إلى مستقبل للمنبه الذي يتسبب في بدء النبض العصبي في الخلية العصبية الحسية. ويمر هذا النبض عادة إلى واحدة أو أكثر من الخلايا العصبية البينية (الرابطة)، ثم إلى خلية عصبية موصلة التي تقود النبض إلى العضو المراد استجابته إلى هذا النبض. ويؤدي هذا العضو الأخير الأستجابة المطلوبة منه. وتمر النبضات الاتية كذلك إلى خلايا عصبية بينية مانعة وهذه تمنع الأعصاب الموصلة إلى الأعضاء المذكورة والذي قد يتداخل عملها مع النبض.

واحدة. وهذا الاتصال المتداخل المتعدد هو الذي يجعل السلوك المتقن والمعقد والمرن ممكنا. وفي الانسان، وبكل تأكيد في كثير من الحيوانات الاخرى، يجعل هذا الاتصال المتداخل المتعدد امكانية الدراية بجميع الاحساسات التي تعترينا.

٢٨-٣. الخلية العصبية THE NEURON

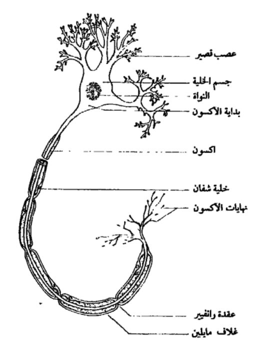
الخلية العصبية هي ببساطة خلية متخصصة في توصيل نبضات كهربائية كيميائية لمسافة طويلة. ويمكن اداء هذه الوظيفة عن طريق امتدادات شعرية سيتوبلازمية هي الالياف العصبية (Axons). وفي حيوان كبير كالحصان، قد يصل طول العصب (الاكسون Axon) نحو ١-٢ مترا ولو ان قطرة يبلغ نحوعدة ميكرومترات فقط. وينمو هذا العصب (الاكسون) من جسم الخلية (Cell body) الذي يحتوي على النواة. وينتج عن تلف جسم الخلية دائما موت تلك الالياف العصبية.

وقد تكون طول بعض هذه الالياف العصبية كبيرا لدرجة انه يصعب رؤية كيف يمكن لجسم الخلية هذا ان يظهر عليها اي نوع من التحكم الحيوى. ومع ذلك فانه

يوجـد نقل مستمر للمواد من جسم الخلية إلى داخل طول الاكسون باكمله. وربما يسـاعـد سريان تلك المواد وجود العديد من الانابيب الدقيقة (انظر قسم ٥-١٦) الموجـودة في السيتـوبلازم بداخل العصب. ويوجد كذلك الدليل على ان العصب يستقبل المواد من خلايا مساعـدة، تسمى خلايا شفان (Schwann Cells) والتي تقع على مسافات منتظمة على طول الالياف العصبية ومحيطة بها عمليا (ولكن ليس كلية) (الشكل ٢٨-٢).

وفي كثـير من الخـلايا العصبية، تنشأ النبضات العصبية في ألياف قصيرة متفرعة تسمى (Dendrites) وكذلك في جسم الخلية، ثم تسير النبضات بعد ذلك على طول زائدة عصبية فردية هي العصب (الاكسون). ويتفرع العصب في الغالب عدة مرات قرب نهايتة (الشكل ٢٨-٢).

وكثير من الزوائد العصبية (الاكسونات) يغطى كل منها بغلاف دهني لامع، هو الغلاف المايلينى (Myelin Sheath) الكثير الالتفاف حول العصب والذي يتكون من غشاء خلية شفان المحيطة بالعصب. وعندما يقابل غشاء خلية شفان غشاء خلية شفان اخرى، يكون العصب غير محمى، وهذه المنطقة الغير محمية والمسماة بعقدة رانفيير (Ran-vier node) تلعب دورا هاما في تكاثر النبض، كما سنرى بعد قليل.



الشكل ٢٨-٢ : تركيب خلية عصبية موصلة تم حذف معظم العصب (آكسون).

وتركيبيا وكذلك وظائفيا ، يمكن وضع الخلايا العصبية في ثلاث مجاميع واضحة :

١ ــ الخلايا العصبية الحسية : SENSORY NEURONS

تجري الخلايا العصبية الحسية من الاشكال المختلفة للمستقبلات الحسية (والتي ستناقش فيها بعد في هذا الباب) إلى الجهاز العصبي المركزي (المخ والحبل الشوكي)، تعمل تلك المستقبلات على بدء النبضات العصبية والتي تسافر بعدئذ بطول الخلية العصبية الحسية وتوجد اجسام الخلايا العصبية الحسية في مجاميع (عقد عصبية ganglia) بجوار الحبل الشوكي ، كما تنتهي الزوائد العصبية الطويلة (Axons) عند خلايا عصبية بينية .

٢ ــ الخلايا العصبية البينية (الرابطة) : INTERNEURONS

توجد الخلايا العصبية البينية كلية بداخل الحبل الشوكي والمخ ، يتم تنبيهها بنبضات تصل اليها من الخلايا العصبية الحسية او من خلايا عصبية بينية اخرى. وتسمى الخلايا العصبية البينية كذلك بالخلايا العصبية الرابطة (Association neurons).

وتكون الخلايا العصبية البينية الصلة في مسار جميع التوافقات العصبية (Coordination) تقريبا. ويزودنا العدد الهائل من الخلايا العصبية البينية في جهازنا العصبي المركزي (عدة بلايين على الاقل) والعدد الذي لايمكن تصوره من الوصلات المتقاطعة بينها بعدد حقيقي لاحدود له من الدوائر المحتملة للنبضات العصبية الممكن تتبعها.

٣ ــ الخلايا العصبية الموصلة MOTOR NEURONS

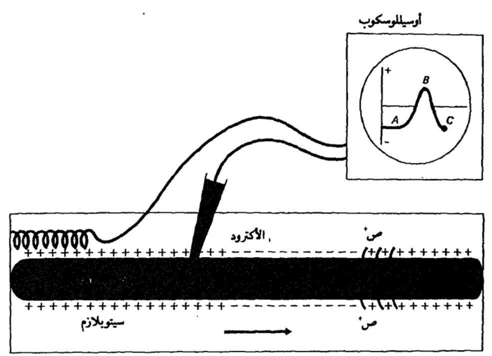
ترسل الخلايا العصبية الموصلة النبضات من الجهاز العصبي المركزي إلى العضلات والغدد والتي سينتج عنها استجابة الجسم. وغالبا مايتم تنبيه تلك الخلايا العصبية الرابطة بالخلايا العصبية البينية ولو انه في بعض الحالات، تمر النبضات مباشرة من الخلايا العصبية الحسية إلى خلية عصبية موصلة .

٢٨-٤ . النبض العصبي THE NERVE IMPULSE

امكن باستخدام الكترودات دقيقة ومسجلات حساسة (الشكل ٢٨ - ٣) دراسة الخـواص الكهربائية للخلايا العصبية. والاكترود الدقيق عبارة عن ابرة مجوفة مملوءة بمحلول يمكنها من توصيل الكهرباء. فاذا ما غرسنا الابرة في خلية عصبية، يمكننا ان نكتشف ان داخل الخلية العصبية له شحنة سالبة بالمقارنة بخارجها ويعادل حجم هـذه الشحنـة (احيانـا تسمـى الجهـد السـاكن - Resting Potential) نحـو ٧٠ ملليفـولت (٧٠ م ف) ، يمكن الاحتفـاظ بهذه الشحنـة فقط طالما كانت الخـلايا العصبية تقوم باكسدة بطيئة ولكن غير منقطعة للجلوكوز لانتـاج (ATP).ويستخدم (ATP) للنقل النشط لايونات الصوديوم من داخل الخلية العصبية إلى السائل الموجود خارج الخلايا (ECF) وايونات البوتاسيوم من السائل خارج الخلايا (ECF) لعشرة أضعاف تركيزها في السيتوبلازم وكذلك تركيز ايونات البوتاسيوم في السيتوبلازم إلى عشرة امثالها الموجودة في السائل خارج الخلايا (ECF).

وتخلق هذه التغييرات في التركيز ميلا شديدا لأيونات البوتاسيوم كي تنتشر لخارج الخلية العصبية ولايونات الصوديوم كي تنتشر إلى داخل الخلية العصبية. وغشاء الخلية العصبية الساكنة (الموجودة في حالة راحة) غير منفذ لمرور ايونات الصوديوم. وعلى اية حال، تنتشر ايونـات البـوتاسيوم للخارج، عند حدوث ذلك، يصبح داخل الخلية العصبية سالب الشحنة بالنسبة إلى خارجها. وعندما تصل الشحنة عبر غشاء الخلية إلى نحـو ٧٠ ملليفـولت، تصـل العملية إلى نقـطة التـوازن. ويتوازن ميل أيونات البوتاسيـوم للانتشـار إلى الخارج بسبب تركيـز تدريجـي (gradient) بواسطة الجذب الكهربائي بين هذه الايونات الموجبة الشحنة وبين تلك السالبة الشحنة بالداخل.

وعلى اية حال، إذا ما كانت الشحنة قوية بما فيه الكفاية، يستمر عدم الاستقطاب إلى النقطة التي ينخفض فيها إلى نحو- ٥٠ ملليفولت . وعند تلك القيمة ، والمسماة بالبداية او المدخل (Threshold)، تزداد بشدة نفاذية الغشاء لانسياب ايونات الصوديوم فتنساب ايونات الصوديوم إلى الداخل بقوة، فتلغي الشحنة كلية. وفي الحقيقة، تخلق ايونات الصوديوم طلقـة زائـدة (Overshoot) وقتية حيث يكون داخل الغشاء الان شحنة موجبة (الشكل ٢٨ - ٣) .



الشكل ٢٨-٣ : النبض العصبي في الخلية العصبية الساكنة (في حالة الراحة) يكون داخل غشاء العصب (آكسـون) ذو شحنـة سالبـة إلى الخـارج (A) وبمـرور النبض العصبي (B) تنعكس الأستقطابية. ثم يعمل سريان أيونات الصوديوم للخارج على سرعة اعادة الأستقطابية العادية (C) وفي اللحظة التي صور فيها هذا الشكل، فالنقطة المتحركة والتي تتبعت تلك التغيرات على شاشة الأوسيللوسكوب كلما مر النبض خلال الأليكترود الموجود داخل الخلايا، موجودة عند الموقع C.

والدخول الفجائي لايونات الصوديوم عند نقطة التنبيه في الغشاء لهي الخاصية التي تدعـو إلى الاعجاب وهي زيادة نفاذية المناطق المجاورة للغشاء لايونات الصوديوم. وبناء عليه، فان الطريقة تتكرر باستمرار على طول الخلية العصبية، يعمل كل جزء من الخلية على بدء استقطاب المنطقة المجاورة لها (الشكل ٢٨ - ٣) والموجبة الاستقطابية النـاتجـة والتي تكتسح الخليـة العصبيـة هي النبض العصبي (Nerve impulse) التي تسمى ايضا بتجهد الفعل (Action Potential) (AP).

وفـي الخلايـا العصبيـة المغلفـة (Myelinated) يحدث الاستقطاب فقط عند عقد رانفيير. وعلى اية حال، يخلق الاستقطاب عند عقدة واحدة قوة جهد مولدة فورية عند العقدة التالية والتي تؤدي إلى استقطابها. إذن فالنبض العصبي يقفز بسرعة من عقدة إلى اخـرى . ولهـذا السبـب، فان الالياف الـطويلة (Axons) المغلفـة تؤدي النبض العصبي اسرع من الالياف العصبية الغير مغلفة.

وقوة جهد الفعل هي من خواص الخلية العصبية نفسها، ولا علاقة لها بقوة المنبه، وطالما أن المنبه يزيد عن بداية (Threshold) الخلية العصبية بقليل، «تشتعل» الخلية العصبية، ولا يمكن أن يفعل المنبه الأقوى أكثر من ذلك ونحن نقول أن إستجابة الخلية العصبية تكون كل - اولا شيء. وعلى اية حال يجب العلم ان المنبه القوي قد يتسبب في ظهور عدد اكبر من النبضات في وقت محدد عن المنبه الضعيف.

وتختلف الجهود المولدة (generators) وكذلك جهود الفعل (Action) في اشياء عديدة، على خلاف جهود الفعل (والتي هي كل - او - لاشيء) ،ونجد أن الجهود المولدة متدرجة، اي ان ، حجم الجهد المولد يتناسب مع حجم المنبه، كما تختلف الجهود المولدة كذلك عن جهود الفعل في انها ليست ذاتية التكاثر. وتقل بسرعة قوة الجهد المولد على مسافات متزايدة على طول الغشاء من النقطة التي تم تخليق (حدوث) الجهد المولد عندها.

ولا تجب مقارنة النبض العصبي بانسياب التيار داخل سلك، فالطريقتان غير متشابهتان. ففي الحالة الاخيرة، يسير النبض الكهربائي خلال سلك بسرعة الضوء، في الخلية العصبية يتحرك الفعل الكهربائي الكيميائي ببساطة بطول الخلية العصبية. وحتى في اسرع خلية عصبية في جسمنا ، تتحرك هذه الموجة من الاستقطاب بسرعة اقل من ٣٠٠ كيلومتر / ساعة ،وتعتبر هذه بالطبع سرعة كبيرة ولكن طبعا لا يمكن مقارنتها بسرعة الضوء (٣٠٠ , ٠٠٠ كيلومتر / ثانية).

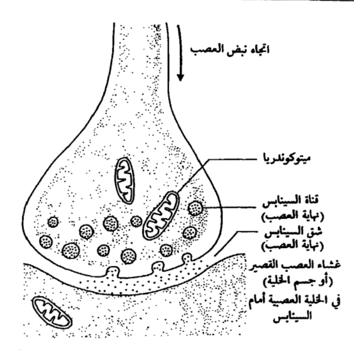
وتشبيه أفضل للنبض العصبي هو فتيل خيط الألعاب النارية، فعند اقتراب عود ثقاب محرق لنهاية الفتيل ، يكون قد تم الوصول إلى مدخل الفتيل وتبدا الشرارة في المرور بطول الفتيل. وتاتي الطاقة لهذه الحركة من طاقة المواد الكيميائية المخزنة في الفتيل نفسه وليس من طاقة عود الثقاب المحترق، كما لايوجد ضعف في الشرارة مع المسافة التي تقطعها، وإذا ما تفرع الفتيل تسافر الشرارة بقوة لا تنتهي بطول كل فرع (لا يوجد مثل هذه الحالات في الدوائر الكهربائية).

وإذا ما طبق منبه ثان على خلية عصبية بعد اقل من ٠,٠٠١ ثانية من المنبه الاول لا يحدث هذا المنبة الثاني اي نبض ، اذ يكون الغشاء عديم الاستقطاب ويقال عن الخلية العصبية انها في فترة تمرد (Refractory period).وفي بعض خلايانا

العصبية ، تظل فترة التمرد هذه لمدة ٠,٠٠١ - ٠,٠٠٢ ثانية فقط ، وهذا يدل على ان الخلية العصبية يمكنها نقل ٥٠٠ - ١٠٠٠ نبضة كل ثانية . ويعاد استقطاب خلايا عصبية اخرى ، وخاصة تلك الموجودة في الحيوانات ذوات الدم البارد ، اكثر بطئا ، فعند اعادة تواجد استقطاب قوته ٧٠ ملليفولت ، تكون الخلية العصبية مستعدة للاشعال "Fire" ثانية . وتحدث اعادة الاستقطاب بالانتشار السريع لايونات البوتاسيوم من داخل الخلية إلى السائل (ECF) (الشكل ٢٨ - ٣) . وفقط عند راحة الخلية العصبية اخيرا تكون ايونات الصوديوم التي دخلت عند كل نبضة قد تم نقلها بنشاط إلى خارج الخلية . ومقابل كل ايون صوديوم يخرج يدخل ايون بوتاسيوم ، وبذلك يتم الحفاظ على الاستقطاب الطبيعي .

٢٨-٥ . نهاية العصب THE SYNAPSE

تسمى النقاط التي تتلامس فيها نهايات عصب (اكسون) خلية عصبية مع نهايات عصب خلية عصبية اخرى سينابس (synapses) وتنتفخ نهاية كل عصب لتكون عقدة او انتفاخ (Knob) (الشكل ٢٨ - ٤) . وتسمى الخلية العصبية التي تنتهي بعقدة سينابسية بالخلية العصبية امام السينابسية (Presynaptic neuron).كما تسمى الخلية العصبية التي يوضح عليها الانتفاخ بالخلية العصبية خلف السينابسية (Postsynaptic neuron) ويحتوي الانتفاخ على مادة كيميائية والتي تفرز عند وصول فعل جهدى في الشق الضيق السينابسى او الفجوة . وعند النهايات العصبية (Synapses) الموجودة خارج الجهاز العصبي المركزي ، تكون هذه المادة ، هي الاسيتايل كولين (Acetylcholine (Ach).ويقلل تجمع الاسيتايل كولين في الفجوة السينابسية حجم الجهد الواقع على الغشاء تحت الفجوة السينابسية بزيادتة لنفاذية هذا الغشاء لايونات الصوديوم . ويسمى هذا التحول بالجهد المثير مابعد السينابسي (EPSP) (Excitatory postsynaptic potential) ويتصرف هذا الجهد الاخير مثل الجهد المولد (generator potential) فاذا ما وصل استقطاب الغشاء إلى بدايتة ، يبدأ جهد الفعل فورا في الخلية العصبية خلف السينابسية . وبذلك يعمل (Ach) كناقل كيميائي للنبضات العصبية . ولان الاعصاب القصيرة المسماة (Dendrites) لاتفرز ناقلا كيميائيا ، فان اي جهد عملي يمر عبر الخلية العصبية من العصب (الاكسون) إلى تلك الاعصاب القصيرة يموت عند السينابس ، وبذلك يعمل السينابس كصمام يسمح فقط لسريان



الشكل (٢٨-٤) . تركيب عام للنهاية العصبية (Synapse).وصول النبض عند الأنتفاخ السينابس يسبب مادة كيميائية مثانية (مثل الأسيتايل كولين) للخروج في الشق السينابس . عند النهايات العصبية (Synapses) التي تم تهيجها، تمنع تلك المادة استقطاب غشاء الخلية العصبية الموجودة أمام السينابس . عند الـ synapses المانعة، المادة المفرزة (الأسيتايل كولين) تزيد من استقطاب الخلية العصبية أمام السينابس. وفي كلتا الحالتين، تجرد الأنزيمات المادة الكيميائية (الأسيتايل كولين) بعد افرازها مباشرة، وبذلك تحافظ على اعادة السينابس إلى حالته الأولى.

النبضات العصبية في طريق واحد.

ويحدث النقل الكيميائي للنبض العصبي خلال السينابس ايضا في الجهاز العصبي المركزي ، ولكن كان من الصعب الوصول إلى التعرف الموجب للمواد المسئولة.ويتكون انزيم اسيتايل كولين (Ach) من اربعة احماض امينية (حمض الجلوماتيك ، الجليسين ، حمض الاسبارتيك ، حمض جاما امينوبيوتيريك – gABA) واربعة مشتقات احماض امينية (نورا درينالين، سيروتونين، دوبامين، هستامين) وكلها تنشأ في عملية تخليق مادة النورادرينالين من الحمض الاميني تيسروسين، ويتم تخليق السيروتونين من الحمض الاميني تربتوفان.

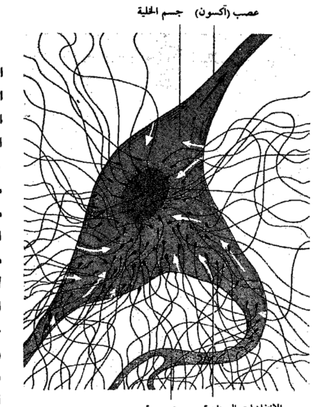
ويوجد ايضا دليل على ان بعض عديدات الببتيد قد تعمل كناقلات (Transmit-ters) واحدى اقوى هذه المواد المرشحة لذلك هي المادة عديدة الببتيد والتي تحتوي على

احدى عشر (١١) حمض اميني – والمسماة المادة أ والتي يبدو انها مادة ناقلة عند نهايات الخلايا العصبية الحساسة المؤدية إلى داخل الحبل الشوكي والتي قد تقوم بوظيفة مماثلة في المخ .

وتمنع النبضات التي تصل إلى الانتفاخات السينابسية لبعض الخلايا العصبية البينية في الجهاز العصبي المركزي عدم استقطاب الخلايا العصبية والتي تتقابل معها عند السينابس. كما ان المادة الكيميائية الناقلة المستخدمة في تلك الحالات (الجليسين ، gABA) تبدو انها تبدي فعاليتها بزيادتها لنفاذية غشاء الخلية العصبية لأيونات الكلوريد . وبمجرد انتشار ايونات الكلوريد (Cl^-) هذه إلى داخل الخلية العصبية، يصبح داخل الخلية اكثر سلبية (في الشحنة) بالنسبة إلى خارجها . ويطلق على هذا الأستقطاب الزائد للغشاء الخلف سينابسي بالجهد المانع الخلف سينابسي (IPSP - Inhibitory Postsynaptic Potential) الذي قد تصل قوتة إلى ٨٠ ملليفولت. والخلية العصبية والتي حدثت لها عملية فوق استقطاب بسبب تاثير مادة ناقلة مانعة تبدو وان لها بداية او مدخل متزايد ، اي ، تصبح الخلية اقل سهولة في تنبيهها . وبالفعل ، فان فولت المدخل او البداية Threshold (نحو ٥٠ ملليفولت) لم يتغير. والأمر ببساطة هو عما إذا كان عدم الاستقطاب الناتج من السينابسات المهيجة ناقصة (Minus) التاثير الفوق إستقطابي للسينابسات المانعة يمكن ان يصل إلى هذه القيمة اولا .

وقد يكون لخلية واحدة بينية او خلية واحدة موصلة الاف من الانتفاخات السينابسية المنتهية على اعصابها القصيرة (Dendrites) وعلى جسم الخلية (الشكل ٢٨ – ٥) . وبعض من هذه الانتفاخات تفرز موادا ناقلة مهيجة، لكن بما انها تعمل على تخليق (EPSP) بما يعادل ٥ , ٠ ملليفولت فقط ، فلا يمكن لسينابسي مهيج واحد ان يولد فعلا في الخلية العصية بعد السينابسية . وعلى اية حال، إذا ما وجد عدد (وليكن ٤٠) من السينابسات المهيجة الفعالة فوريا، فان (EPSPs) التي تقوم بتخليقها تضاف إلى بعضها البعض وربما تستطيع الوصول إلى بداية الخلية العصبية ما بعد السينابسية، او إذا ماتكرر نشاط عدة سينابسات مهيجة فقط في فترة زمنية بسيطة فان (EPSPs) يتجمع وربما يصل إلى تلك البداية او المدخل (Threshold) (الشكل ٢٨ – ٦) .

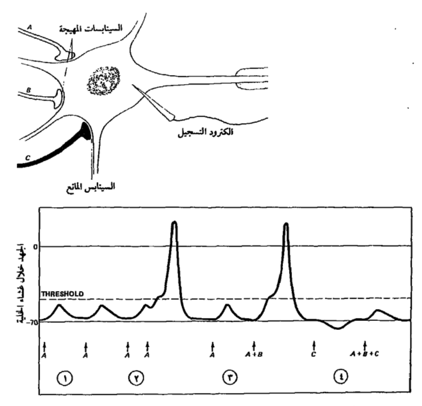
وتعمل السينابسات المانعة بنفس الطريقة، فالتنبيه السريع والمتكرر لكثير منها ينتج



الشكل ٢٨-٥. الأعصاب القصيرة (Dendrites) وجسم الخلية لخلية عصبية موصلة في الانسان والتي قد تحتوي على نحو ٥٠٠٠ خلية عصبية بينية خارجة منها. وبعض من هذه تفرز موادا مهيجة عند السينابس. والبعض الاخر تفرز موادا مانعة. وكثير من النبضات المهيجة (المثيرة) لابد من أن تصل إلى الخلية العصبية الموصلة فورا لكى تعمل على بدء نبض عصبي بداخلها. ولابد من زيادة العدد اذا ماوصلت النبضات المانعة إلى الخلية الموصلة في نفس الوقت.

عنه تجمع (IPSPs) الناتجة في كل منها. وإذا اشتعلت الخلية العصبية خلف السينابسية ام لـم تشتعل فهذا يعتمد على التوازن ما بين جميع الـ (EPSPs) والـ (IPSPs) التي تحدث (تنشأ) على سطحها.

وقد تسأل ايضا لماذا لا يمكن لعدد قليل من السينابسات المهيجة الموجودة على احد الفروع العصبية القصيرة (Dendrite) ان تخلق جهد الفعل هناك بالرغم من الاشارات الكثيفة المانعة الموجودة على فرع عصبي قصير اخر. قد يوجد هذا ،ولكن الكثير من الخلايا العصبية تمتلك اله جيدة يمكنها بها ان تجعل جميع الاشارات المهيجة والمانعة التي تصل اليها ان تتمازج (تتداخل) مع بعضها البعض. وتسمى النقطة التي يخرج من عندها الفرع العصبي الطويل (الاكسون) من جسم الخلية Axon Hillock (اي تل الاكسون) (الشكل ٢٨ - ٢) ،وجزء غشاء الخلية المغلف لتل الاكسون هذا له بداية (Threshold) اقل من بداية الغشاء المغلف لجسم الخلية والفروع العصبية القصيرة (Dendrites) وغشاء تل الاكسون هو مكان توليد جهد الفعل (Action Potential) في الخلية العصبية. وبما انه ليس به ذاتيا سينابسات مهيجة او مانعة ، فان



الشكل ٢٨ - ٦ . تأثير الجهود السينابسية المهيجة (EPSPs) والجهود المانعة الخلف سينابسية (IPSPs) على حدوث جهود الفعل (Action) في خلية عصبية . (١) الـ EPSP الذي يحدثة سينابس واحد هائج لايكفى للوصول إلى بداية الخلية العصبية . (٢) الـ EPSP الذي يحدث على التوالي بسرعة، على اية حال، يتجمع سويا، فاذا ما وصلوا إلى البداية يزداد جهد الفعل (٣) الـ EPSP الذي تحدثة سينابسات منفصلة (B, A) يمكنها أن تتجمع سويا للوصول إلى البداية . (٤) تنشيط السينابسات المانعة (C) يقلل من الجهد الساكن للخلية العصبية . والـ IPSP الذي يحدث قد يمنع كذلك ماقد يكون فعالا من EPSPs بسبب بدء جهد الفعل . في العادة، يكون عدد EPSPs الذي نحتاج اليه للوصول إلى البداية (Threshold) اكبر من الذي نراه هنا في الشكل .

تل الاكسون هذا يكون في موقع تقييم الصورة كاملة لكلا (EPSPs) (IPSPs) التي تنشأ في الافرع العصبية القصيرة وفي جسم الخلية . والزيادة عن اي فترة وجيزة تكون سببا في ان يكون جميع (EPSPs) ناقصة منها جميع كمية (IPSPs) تزيد من بداية تل الاكسون، وعلى هذا يتولد جهد الفعل بداخله .

وما هي الفائدة من الخلايا العصبية المانعة ؟ ان منع العضلات لهو في نفس اهمية تنبيهها تماما إذا ما أريد أداء حركات متناسقة . ولنتصور محاولة الامساك بكرة عندما تكون العضلات كلها منقبضة في ان واحد . فبينما ينتج عن فشل التنبيه حدوث المنع ،

تزودنا خلايا عصبية خاصة في الجهاز العصبي المركزي بتحكم اكثر دقة .

ويحتاج التشغيل السليم للسينابس إلى ابعاد الناقلات الكيميائية من الفجوة السينابسية بمجرد إنتهائها من القيام بوظيفتها . وان لم يفعل السينابس ذلك، فانها تشعل "Fire" الخلية العصبية اكثر واكثر ثانية . ويمكن ابعاد (ACH) بانزيم الاسيتايل كولين استريز والذي يحلل مائيا الجزيء إلى كسرات (قطع صغيرة) خاملة .

ولقد اكتشفت مواد تتدخل في فعل الاسيتايل كولين استيريز، وتغير هذه المواد بشدة الانشطة العصبية العادية . وغازات الاعصاب التي جهزت لاحتمال استخدامها اثناء الحرب العالمية الثانية وكذلك المبيدات العضوية الفوسفورية والتي كانت اختراعا مدنيا متفرعا عن اختراع غاز الاعصاب، ماهي الا مانعات قوية لانزيم الاسيتايل كولين استيريز .

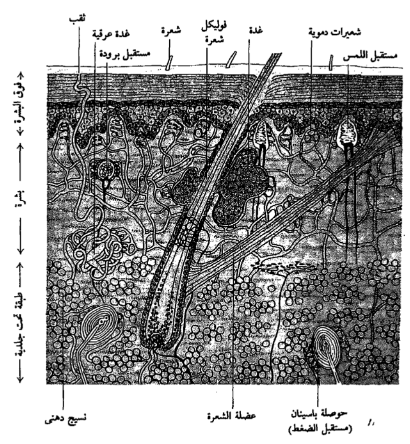
المستقبلات الميكانيكية MECHANORECEPTORS

توجد في الحيوانات مجموعة متنوعة كبيرة من المنبهات الميكانيكية . وكل منها يعمل على احداث النبضات العصبية عندما يحدث اي حادث طبيعي خارجي يعكر صفو هذا المنبة الميكانيكي .

٢٨-٦ . اللمس والضغط TOUCH AND PRESSURE

اللمس TOUCH

في الإنسان ، يتم اكتشاف اللمس الضعيف (البسيط) بواسطة مستقبلات موجودة ملاصقة لسطح الجلد، وتوجد تلك المستقبلات في الغالب بجوار جريب (Follicle) شعرة (الشكل ٢٨ - ٧) . وحتى إذا لم يتم لمس الجلد مباشرة، فانه يتم اكتشاف حركة الشعرة بالمستقبل . ولا تتوزع المستقبلات اللمسية بالتساوي على سطح الجسم، فقد يحتوي جلد اطراف الاصابع على نحو (١٠٠) مستقبل/سنتيمتر مربع، ويوجد نفس العدد على طرف اللسان . ومن المتوقع ان يكون تركيز مستقبلات اللمس في الاماكن الاخرى اقل بكثير. فظهر اليد، على سبيل المثال، بها اقل من (١٠) لكل سنتيمتر مربع . ويمكن تحديد مكان مستقبلات اللمس بدقة بلمس الجلد برفق بفرشاه جافة وترقيم تلك البقع التي يكتشف فيها الفرد لمسة واضحة . ويمكن القيام بتجارب مختلفة



الشكل ٢٨-٧. جلد الانسان ومستقبلاته الحسية.

باتباع هذه الوسيلة وذلك باستخدام زوج من اجهزة التقسيم كتلك التي تستخدم في الرسم الميكانيكي. بإجراء التجربة على شخص معصوب العينين يمكن تحديد الحد الادنى لانفصال النقط والتي ينشأ عنده إحساسان منفصلان للمس، وعندئذ ستجد ان قدرة الشخص لتمييز النقطتين تكون افضل بكثير عند اطراف الاصابع عنه على الجزء السفلي من الظهر مثلا والذي يحتوي على القليل جدا من تلك المستقبلات.

الضغط PRESSURE

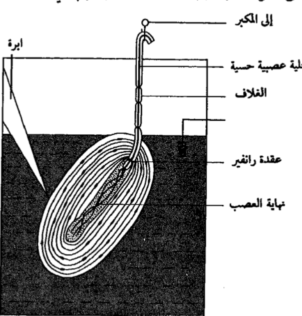
بسبب سهولة التوصل إليه وحجمة الكبير نسبيا، فإن احد اسهل المستقبلات التي يمكن دراستة هو الحوصلة الباسينية (Pacinian corpuscle) وتقع هذه المستقبلات في الجلد (الشكل ٢٨ - ٧) وكذلك في اعضاء داخلية مختلفة. وكغيرها من المستقبلات، يتصل كل منها بخلية عصبية حسية. وتزودنا الحوصلة الباسينية المعزولة

بمفردها مع الخلية العصبية المتصلة بها بوسائل ميسرة والتي يمكن بها دراسة خواصها (الشكل ٢٨ - ٨) .

وحوصلة باسينيان هي مستقبل للضغط (Pressure receptor) وحدوث ضغط على الحوصلة يشوهها، وهذا يخلق تيارا كهربائيا صغيرا جدا في الخلية العصبية التي تنشأ بداخلها. وكلما زاد تشوة الحوصلة، كلما زاد الجهد المولد، حتى إذا اصبح المولد كبيرا بما فيه الكفاية، يمكنه احداث نبض في الخلية العصبية الحسية.

وبينما يكون الجهد المولد استجابة متدرجة ، فان استجابة الخلية العصبية الحساسة ليست كذلك. فاذا ما امكن التوصل الى مدخلها (Threshold) تشتعل على الفور ، والا فلا تشتعل بالمرة . وبذلك فان الادخال (Input) المتدرج المتواصل (وظيفة مماثلة في تسميات علم الكمبيوتر) يتحول إلى فتح/قفل (بيان Digits) خارج (Output) فكيف اذن يمكن للحوصلة الباسينية ان تخبر المخ عن حجم المنبة، يمكنها ذلك بوسيلتين قائمين بالعمل. فكلما زاد او كثر تشوة حوصلة واحدة، كلما زاد تردد النبضات المولدة في الخلية العصبية المتصلة. علاوة على ذلك، فانه في العضو السليم (Intact) ينبه هذا المنبة المتجمع عددا من الحوصلات الباسينية المجاورة، وبذلك يزيد من عدد الممرات الحساسة النشطة المؤدية إلى المخ.

وعند احداث الضغط اولا على حوصلة باسينيان، فان ذلك يتسبب في انطلاق



الشكل ٢٨-٨. قياس الاستجابة الكهربائية لحوصلة معزولة باسينية (Pacinian) الضغط الميكانيكي مختلف القوة والتردد يمكن احداثة على الحوصلة بابرة (Stylus) والنشاط الكهربائي يمكن اكتشافة بالكترودات متصلة بالتحضير. عند المدخل (البداية)، يتولد نبض عصبي عند أول عقدة من عقد رانفير.

النبضات في خليتها العصبية . وعلى اية حال، فانه مع الضغط المستمر يقل معدل تكاثر النبضات بسرعة وسرعان ماتقل تماما، اذ يكون المستقبل قد هيأ نفسه للمنبة (المؤثر) وتلك الملاءمة السريعة من خواص معظم مستقبلاتنا الحسية، وهي على سبيل المثال، تكون واضحة في السرعة التي بها نقطع عن اكتشاف رائحة نكون معرضين لها. والملاءمة الحسية تعتبر وظيفة نافعة لانها تمنع جهازنا العصبي من استمرارية قذفة بمعلومات عن اشياء غير ضرورية مثل لمس وضغط ملابسنا مثلا . وتذكر اننا عرفنا المنبة (المؤثر) بانه تغير في البيئة، وهو تغير يمكن لمستقبلاتنا الحسية اكتشافة . وفي الحقيقة، فان الابعاد السريع للضغط من حوصلة باسينية مهيأة (تمت ملاءمتها) يتسبب في انطلاق نبضات جديدة .

وحتى إذا ما طبقنا ثم ابعدنا الضغط الواقع على حوصلة باسينية (مثل اهتزازها ٥٠٠ مرة/ثانية ولمدة ١٥ ثانية او ما يقرب من ذلك)، فان الحوصلة تتوقف في النهاية عن الاستجابة، اذ انها تكون قد اصبحت مجهدة او متعبة، وعلى اية حال إذا ارتاحت الحوصلة لفترة من الوقت، فانها تستعيد كامل حساسيتها . وتشارك جميع مستقبلاتنا الحسية الاخرى معظم الخواص التي وجدناها مميزة لحوصلة باسينيان . وكل نوع من المستقبلات مركب بطريقة تجعلة يستجيب عادة إلى (والذي يحمل له بداية او مدخل منخفض) مجموعة معينة واحدة من المنبهات (المؤاثرات) (مثل الضغط الخفيف) وليس إلى غيرها . وكل مستقبل متصل بخلية عصبية تتولد بداخلها نبضات عصبية، فان معدل تكرار هذه النبضات يكون مقياسا لكبر (عظم) تلقى (Input) الحساسية .

المستقبلات دائمة التنبيه : PROPRIORECEPTORS

في اغلب الحالات، كما ذكرنا، تهيىء مستقبلاتنا الحسية نفسها بسرعة ، اي ، تتوقف عن الاستجابة عند مستوي ثابت من الاحساس الداخل(Input). وعلى أية حال لا تتصرف بعض المستقبلات الحسية الخاصة بهذه الطريقة، ومنها تلك المسماة Proprioreceptors (اي المستقبلات دائمة التنبيه)، وهي مستقبلات موزعة في جميع العضلات الهيكلية والاوتار العضلية . فامتداد او انقباض العضلات يتسبب في جعل تلك المستقبلات في ان تبدأ النبضات العصبية وهذه، بدورها، تجعل المخ يحدد حالة انقباض العضل . فاذا ما بدأ احد تلك العضلات في فقد توازنة يتم افادة المخ عن

طريق المستقبلات دائمة التأثر الموجودة في الارجل فيتم فورا تصحيح خلل هذا العضل. ولا يمكن القيام بحركات العضلات المعقدة، مثل تلك المستخدمة عند الكتابة على الالة الكاتبة، والامساك بالكرة، واللعب على الفيولين (الكمان)، وغيرها بدون المستقبلات دائمة التنبيه. ويحتاج الفعل الموقوت بالضبط والمتوافق لعدد مختلف من العضلات إلى دوام افادة المخ بحركات كل من تلك العضلات، وإذا ما حدث ان نامت احدى رجليك او كليهما، يكون لديك الفكرة كيف يمكن ان تكون الحركة صعبة بدون تلك المستقبلات المذكورة.

الالم PAIN

يسبب التنبيه الميكانيكي الكثيف للجلد الاحساس بالالم، فالحرارة الزائدة والبرودة، وبعض المواد الكيميائية تفعل ذلك. وقد يحدث الاحساس نتيجة تنبيه شبكة من الالياف العصبية في الجلد والتي لاتتصل بأي مكتشفات خاصة للتنبيه، لذلك فهي لا تستجيب الا إذا كان المنبة قوى جدا. ومن جهة اخرى، يمكن الشعور بالالم كنتيجة لتغيير في تردد ونظام الاشارات المارة إلى الجهاز العصبي المركزي بواسطة المستقبلات الخاصة بالجلد مثل اللمس، الضغط، الحرارة، البرودة. وربما يشارك كلا المؤثران (التردد والنظام) الميكانيكيان في هذه العملية.

٢٨-٧. السمع HEARING

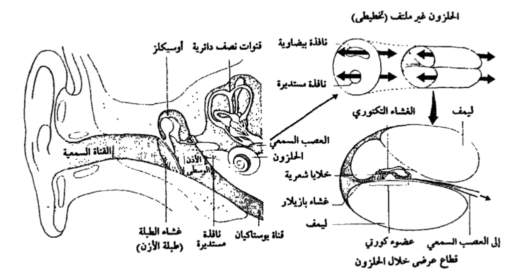
القدرة على السمع هي القدرة على اكتشاف اهتزازات ميكانيكية والتي نسميها الصوت، تحت اغلب الحالات، تصل الينا تلك الاهتزازات خلال الهواء. قد تساعد الاذن الخارجية (الشكل ٢٨ - ٩) بعض الشيء في تركيز الموجات الصوتية والتي تمر إلى القناة السمعية وتضرب طبلة الاذن او غشاء الطبلة (Tympanic membrane) مسببة اهتزازها. وتنقل اهتزازات الطبلة خلالالاذن الوسطى بواسطة ثلاثة عظام دقيقة متصلة، The Ossicles، والتي تعمل كذلك على تركيز الاهتزازات والاذن الوسطى مملوءة بالهواء ومتصلة بالهواء الخارجي عن طريق قناة ستاكيوس أو القناة السمعية (Eus-tachian tube) التي تفتح في الانف - بلعومي، وهذه الفتحة الاخيرة تسمح ببقاء ضغط الهواء على جانبي غشاء الطبلة متساويا. والالم "Popping" الذي نشعر به في اذننا عندما نغير الارتفاع بسرعة في طيارة لم يتم ضبط الضغط بداخلها او في

مصعد يكون نتيجة للتعادل المفاجيء للضغط عند فتح قناة ستاكيوس اثناء البلع او التثاؤب. والضحايا المصابون بالبرد في الرأس قد يصابون ايضا بالتهاب قناة ستاكيوس والتي تمتنع مؤقتا عن الفتح. وقد يكون تغير الارتفاع مؤلم جدا في مثل تلك الاوقات (اوقات التهاب القناة) بسبب عدم تعادل الضغط على أغشية الطبلة.

وينتقل الاهتزاز الميكانيكي للعظام الثلاثة الدقيقة الداخلية (Ossicles) والمسماة ستيراب (Stirrup) خلال غشاء مرن (النافذة البيضاوية) إلى الحلزون (Cochlea) الموجود بالاذن الداخلية. وهذا الحلزون عبارة عن انبوبة، نحو ٣ سم في الطول، ملتوية مثل صدفة القوقعة (الشكل ٢٨ - ٩) وممتلئة بالليمف. ويسير بداخل الحلزون بكامل طولة تقريبا صفيحة عظمية وقناة داخلية والمملوءة ايضا بالليمف. وتقسم هذه التركيبات القناة الخارجية للحلزون إلى غرفتين منفصليتين. وتنتقل اهتزازات النافذة البيضاوية إلى السائل الموجود في هاتين الغرفتين الخارجيتين. ولان السوائل عمليا غير قابلة للانضغاط، فمن الضروري ايجاد وسيلة لتخفيف الضغوط الناشئة عند دفع النافذة البيضاوية للداخل وللخارج. والنافذة المستديرة المرنة هي التي تقوم بعملية التخفيف بالتحرك للاتجاه الاخر (الشكل ٢٨-٩).

ويقع بداخل الغرفة الداخلية (او الوسطى) للحلزون عضو كورتي (Organ of Corti) الذي يحتوي على آلاف من الشعر "Hair" الحساس التي تعتبر في الواقع المستقبلات للاهتزازات. ويوجد هذا الشعر بين الغشاء البازيلارى او القاعدي (Basilar) والغشاء التكتوري (Tectorial) (الشكل ٢٨-٩). وتسبب الاهتزازات في السائل الحلزوني اهتزازات الغشاء البازيلارى. وهذا بدوره يحرك الخلايا الحسية للشعر ضد الغشاء التكتوري، وبذلك يتم تنبيه تلك الخلايا الحسية. وتسبب النبضات الكهربائية التي تنشأ في تلك الخلايا في بدء النبضات العصبية التي تسافر خلال العصب السمعى (Auditory nerve) إلى المخ.

والاذن عضو حسى دقيق للغاية ومتقلب. فكثير من الناس، خاصة عند الصغر، يمكنهم سماع اصوات ذات ترددات (مقام الصوت Pitches) من ١٦ هيرتز Hertz (وهي قليلة جدا) إلى ٢٠,٠٠٠ هيرتز/دوائر ثانية) (وهي مرتفعة جدا) وعلاوة على ذلك، فانه يمكن للاذن ان تكتشف اصواتا على مدى واسع من الكثافات. واعلى



الشكل ٢٨-٩. أذن الانسان.

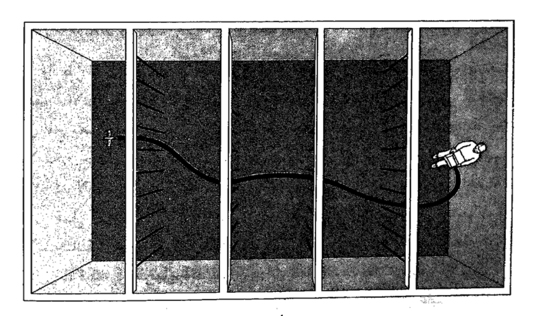
صوت يمكن ان نسمعه براحة يزيد عن ثلاثة بلايين مرة عن اضعف صوت يمكن ان نسمعة، كما ان اضعف صوت يكون ضعيفا جدا لدرجة انه إذا ما كانت اذننا حساسة، فربما يمكننا ان نكشف صوت تصادم الجزيئات النادرة (حركة براونيان Brownian movement) بداخل الاذن. وقوة تمييز الترددات كبيرة ايضا، فيمكن للموسيقي المتمرن ان يميز نحو ١٥,٠٠٠ مقاما صوتيا.

والطريقة التي يمكن بها لجهاز كورتي ان يميز مابين المقامات المختلفة اصبحت مفهومة الان جيدا. ولاول وهلة، قد يبدو مناسبا لخلايا الشعرات ان ترسل النبضات إلى المخ بنفس تردد الصوت. وقد يحدث شيء مثل هذا عند الترددات المنخفضة جدا ولايمكن حدوثها عند ترددات اكبر من نحو ١٠٠٠ هيرتز لانه، كما راينا في قسم ٢٨-٤، لايمكن للخلايا العصبية الحسية اداء نبضات اسرع من ذلك. وفي الحقيقة، حتى قبل الوصول إلى هذا الحد، يبدأ الغشاء البازيلارى وخلايا الشعرات في الاستجابة اختياريا إلى الترددات الصوتية. وتنبه الترددات المنخفضة منطقة عضو كورتي الاقرب إلى طرفها، تكتشف الترددات العالية قرب قاعدة العضو المذكور، كما تكتشف الترددات المتوسطة بطريقة منظمة متدرجة من احد طرفى عضو كورتي إلى الطرف الاخر. لقد أمكن الحصول على دليل يؤيد هذا الرأي بتعريض حيوانات المعمل لنغمات نقية وكثيفة جدا. وأخيراً تصبح الحيوانات صماء لا تسمع هذه الترددات مع ان

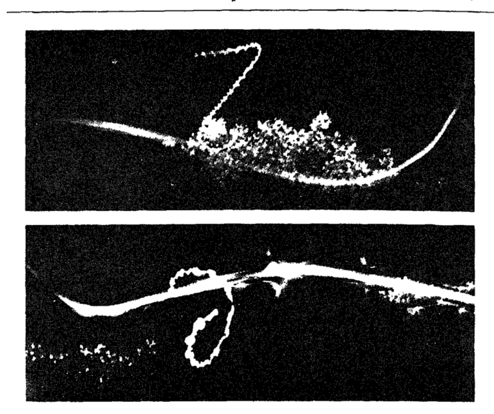
قدرتها على سماع انغام اخرى لم تتفاوت . وفي كل حالة، يثبت اختبار عضو كورتي تلف خلايا الشعيرات في منطقة واحدة والتي يمكن الربط بين مكانها بسهولة والنغمة المدمرة.

وقدرة السمع في الوطاويط غير عادية، حيث اظهرت أبحاث عالم الحيوان دونالد جريفن (Donald Griffin) ان الوطاويط يمكنها سماع ترددات عالية قد تصل إلى ١٥٠,٠٠٠ هرتز. ويمكن الصوت في مثل هذه الترددات الفوق سمعية السير في خطوط مستقيمة نوعا. ويمكن للوطاويط التي تطير في ظلام تام ان تحدد مواقع العوائق (الشكل ٢٨-١٠) وحتى فريستها الحشرية بارسالها نبضات من هذا الصوت الفوق سمعي ثم تعدل مسار طيرانها إلى الصدى العائد إلى إذانها. ويعمل مثل هذا النظام من تحديد موقع - الصدى على نفس القاعدة التي اخترع بها جهاز السونار الذي يسمع تحت الماء والذي يوجد في الغواصات للاستكشاف اثناء الحرب العالمية الثانية.

ويلعب السمع كذلك جزءا هاما في حياة حيوانات اخرى. فتفادى المفترسات (الشكل ٢٨ ـ ١١)، وتحديد مكان التزاوج ،وادعاء ملكية منطقة من المناطق، ربما كلها تشتمل على إكتشاف الأصوات.



الشكل ٢٨-١٠. موقع الصدى في الوطواط. وطواط معصوب العينين يمكنه الطيران بين الأسلاك، ونادرا مايلمسها. والوطواط الذي تم غلق أذنية يصطدم باستمرار بالأسلاك.



الشكل ٢٨-١١). الصائد والمصادة. في الصورة العليا، فراشة (شريط لامع) تتخذ فعل مراوغة ناجح بمجرد اكتشافها قرب وطواط (شريط عريض بعرض الصورة). (الصورة الغير واضحة هي صورة شجر في الخلف). وفي أسفل الصورة، يتقابل الشريطان، دلالة على أنه في هذا الوقت لم تستطع الفراشة الهروب من اصطياد الوطواط لها (صورها فريدريك ا. وبستر بتصريح من الأستاذ كينيت د. رويدر).

٢٨-٨. التــوازن EQUILIBRIUM

تكتشف الاذن الداخلية ايضا: (١) موقع الجسم بالنسبة إلى الجاذبية، (٢) حركة الجسم. وهاتان الوظيفتان مختلفتان تماما عن وظيفتها في اكتشاف الصوت ويختلفان كذلك كلية عن بعضها البعض. ويوجد فوق الحلزون مباشرة حافظتان (Sacs) متصلتان فيما بينهما ومملوءتان بالليمف (الشكل ٢٨-٩) وهاتان الحافظتان مبطنتان بخلايا مزودة بالشعر والتي، بدورها، تتصل بخلايا عصبية حساسة. ويتصل بشعر الخلايا المذكورة كرات دقيقة من كربونات الكالسيوم. وتعمل الجاذبية على هذه الكرات وتجعل الشعر ينثنى لاسفل. وعندما يتوجة الجسم (او على الاقل الراس) في اتجاهات مختلفة، تغير أحجار الاذن موضعها وترسل النبضات العصبية التي تبدؤها خلايا الشعر

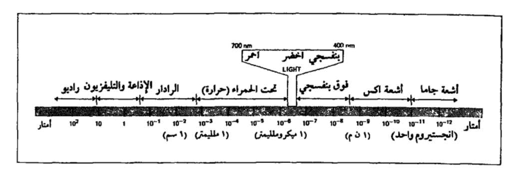
إلى المخ وتخبره بالتغيير الذي حدث.

وتوجد تراكيب مماثلة Analogous (وليست متناظرة Homologous) تسمى حوافظ (ستاتوسيستات Statocysts) في كثير من اللافقاريات المائية. ففي الجمبري (أو الربيان)، تحتوي تلك الحوافظ (Sacs) المبطنة بخلايا الشعر على حبيبات رمل دقيقة بدلا من احجار الاذن، فعندما ينسلخ جدار الربيان، تنسلخ ايضا الحوافظ (الاستاتوبيستات). وبمجرد تصلب جدار الجسم الجديد، على اية حال، يبحث الربيان عن حبيبات الرمل لكي يضعها بداخل الحوافظ (الاستاتوسيستات) الجديدة. وإذا ماقدم للربيان حبيبات حديد بدلا من الرمل، فان الربيان يستخدمها. وعند انتهاء المهمة فان بعض الدقائق القليلة من التجربة بمغناطيس قوى توضح بجلاء عمل الحوافظ (الاستاتوسيتات) في الحفاظ على التوازن. ووضع المغناطيس فوق الربيان مباشرة ليسحب الحديد الموجود بداخل الحوافظ (الاستاتوسيستات) لاعلى، وهذا بدورة، يعمل على اشعال المستقبلات التي قد تتأثر عادة عندما يكون الحيوان في وضع مقلوب فقط. ونتيجة لذلك، يقلب الربيان، في الواقع، نفسه استجابة للمعلومات الخطأ التي تلقاها جهازة العصبي المركزي.

وتكتشف حركة جسم الانسان في الثلاث قنوات النصف دائرية الموجود عند قمة كل اذن داخلية (الشكل ٢٨ – ٩) ،وهي ثلاث قنوات مملوءة بالسائل، كل واحدة منها موجهة في احد مستويات الفضاء الثلاثة. وتوجد عند احد اطراف كل قناة غرفة صغيرة محتوية على خلايا شعر حسية. وكلما تحركت الراس تتحرك كذلك القنوات النصف دائرية. والسائل الموجود بالداخل بطيء في حركته، على اية حال، وبالتالي توجد حركة نسبية بين جدر القنوات والسائل، وتنبه هذه الحركة خلايا الشعر لارسال نبضات إلى المخ. وتكون المحافظة على توازن سليم اثناء النشاط الرياضي مستحيلة عمليا بدون هذه الوسيلة (او الميكيانيكية). وعند تنبيه خلايا الشعر بطرق غير عادية، كالذي يحدث في قارب أو في طائرة اثناء الجو السيىء، يمكن ان يحدث المرض المسمى بمرض الحركة.

المستقبلات الضوئية PHOTORECEPTORS

توجد الطاقة الأشعاعية في مجال من الاطوال الموجية والتي تمتد من موجات الراديو



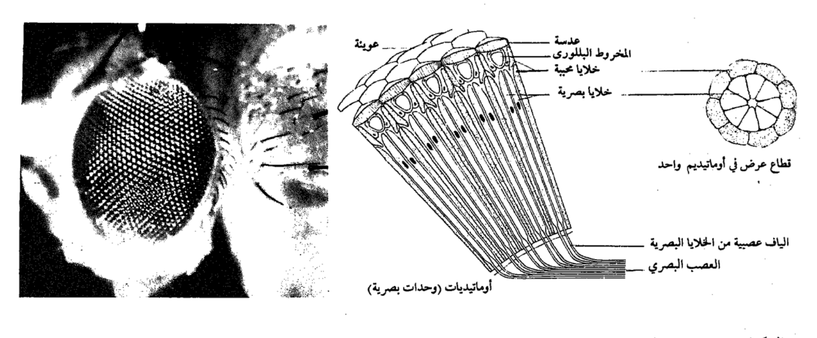
الشكل ٢٨-١٢ . اسبكتروم الاشعاع الكهرومغناطيسي

والتي قد تكون الافا من الامتار في الطول إلى اشعة جاما ذات الاطوال القصيرة والتي قد تبلغ في قصرهـا إلى جزء من مليـون مليون جزء من المـتر (١٠^-١٢^) (الشكـل ٢٨ - ١٢) . وعـلى هذا المقياس الواسع المدى، فان أطوال الموجات الوحيدة والتي تستخدم عموما كمنبهات للكائنات الحية هي الاشعة الضوئية (نحو ٤٠٠ - ٧٠٠ ن م) والاشعة الاطول منها قليلا وهي الاشعة تحت الحمراء او الاشعة الحرارية.

وتتـدرج المستقبـلات الضـوئية عامـة في المملكـة الحيوانية في التعقيد من الخلايا الحساسة للضوء والتي تكتشف ببساطة وجود الضوء (كما في دودة الارض) إلى الاعين التي يمكنهـا تكـوين الصور. وتوجد الاخيرة في بعض الرخويات (القواقع) وخاصة الاسكـويد والاخـطبـوط، وفي اغلب مفصليات الارجـل (الحشرات، القشريات، العنكبوتيات) وكذلك الحيوانات الفقارية.

٢٨-٩. العين المركبـة THE COMPOUND EYE

يختلف تركيب ووظيفـة عين مفصليات الارجـل كليـة عنها في اعـين الرخويات (القواقع) والفقاريات وتسمى عين مفصليات الارجل بالعين المركبة لانها مكونـة من وحـدات مكـررة ، هي الاومـاتيديـات او الوحدات البصريـة (Ommatidia) التي تعمـل كل منهـا كمستقبـل بصري مستقـل. ويوضـح الشكل (٢٨ - ١٣) ترتيب الاوماتيديات في عين مركبة، وتتكون كل اوماتيديم (وحدة بصرية) من (١) عديسة السـطح الامامى والذي يكون عوينة واحدة من العين المركبة، (٢) مخروط بللوري شفـاف (٣) خلايا حسـاسـة للضـوء وخـلايا بصرية مرتبـة في شكل اشعاعي مثل القطاعات العرضية للبرتقالة (٤) خلايا مملوءة بالحبيبات والتي تفصل كل اوماتيديم عن

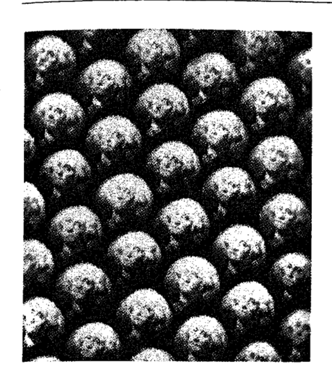


الشكل ٢٨-١٣. إلى اليسار: عين مركبة في ذبابة الفاكهة. وتتكون من مئات من الأوماتيديات (وهي الوحدات البصرية) (في الوسط)، وكل أوماتيديم تعمل كمستقبل ضوئي مستقل. وفي بعض الحشرات تستجيب الخلاياا البصرية لأوماتيديم واحدة (اليمين) إنتخابياً إلى ألوان مختلفة من الضوء، وتمدنا بذلك أساس رؤية الألوان (بتصريح من شركة كارولينا للأمدادات الحيوية).

جيرانـه. ومـوقع الخلايا المحتوية على الحبيبات يكون بحيث يسمح للضوء الداخل للاومـاتيديم فقط والموازى (او غالبـا كذلك) للمحور الطولى بان يصل إلى الخلايا البصرية ويتسبب في بدء النبضـات العصبية. وتمتص الضـوء الداخل بزاوية ستارة الحبيبـات، وبـذلك فان كل ا وماتيديم يشير إلى منطقة واحدة في الفضاء. فاذا ما انبـعث ضوء ذو كثافـة كافيـة من تلك المنطقـة تستجيب الاوماتيديـم (والاوماتيديـات المتجـاورة والـذي يغـطيـها حقل الرؤيـة) لهذا الضوء. وقد يوجـد الاف من تلك الاوماتيديات في عين مركبة واحدة مع وجود عويناتها او عديساتها (Facets) مرتبة على اغلب سطح نصف دائرة.

ومن الخدع المحببة لمصوري الطبيعة أخذ صورة لبعض الأشياء كما يمكن رؤيتها خلال قرنية (جميع العوينات Facets بعد تقشيرها جميعا) عين مركبة. ولسوء الحظ، لايمكن بالمـرة مقـارنة النتائج (الشكل ٢٨-١٤) بما تراة الحشرة. وفي الصورة التي اعدها المصور، تعمل كل عوينة كعدسة تجمع الاشعة الضوئية من جميع اجزاء الجسم (الشيء) المرئي وتمريرة إلى الفيلم. وكما رأينا، على اية حال، فان وجود شاشة الحبيبات في العين المركبة المكتملة يسمح للضوء المتسلط من منقطة واحدة فقط على الشيء المرئي أن يصـل إلى الخلايا البصرية، وبذلك تساهم كل اوماتيديم بالمعلومات التي تخص منطقة واحـدة على الشيء المـرئي. كما تسـاهم الاومـاتيديات الاخرى بالمعلومات الخاصة بالمنـاطق الأخـرى، وحصيلة جميع الاستجـابـات لجميع الاومـاتيديات هي صورة موزايكية - اي شكل مكون من نقط فاتحة واخرى غامقة تكون المنظر العام.

والصـور النصف نغميـة (Half tone) المستخدمة في الجرائد (وفي هذا الكتاب) تم عملهـا بنفس الطريقة. فاذا ما نظرت جيدا إلى مثل تلك الصور (بمساعدة عدسة مكبرة) يمكنك ان ترى صفوفا منتظمة من النقط من الحبر الاسود وتزودنا الاحجام المختلفة لنقط الحبر بظلال وسطية من اللون الرمادي ، وبذلك نحصل عل نسخة من منظر طبيعي صادق ولكنه عديم اللون. وكلما صغر حجم النقط كلما كانت الصورة افضـل. وعيون النطاط، بعددها القليل نسبيا من الاوماتيدات، لابد من ان تنتج صورة زائدة الخشونة ومحببة. وتملك النحلة أوماتيديات وكذلك الرعاش ازيد بكثير في عيونها وتحسن مماثل في القدرة على تمييز تحليل التفاصيل. وحتى عند ذلك، فان قدرة التحليل لعين النحلة تعتبر فقيرة بالمقارنة بتلك الخاصة باعين اغلب الحيوانات الفقارية



الشكل ٢٨-١٤. صورة جورج واشنطون كما صورت من جزء من قرنية عين مركبة لخنفساء مائية. (صورت بواسطة البروفيسور والترفلاورز. عن و. ديفز من: الأستعراض العلمي للصور، دويل، سلون وبيرس، ١٩٤٠)

وفقط $\frac{١}{٦٠}$ من قدرة تحليل عين الانسان.

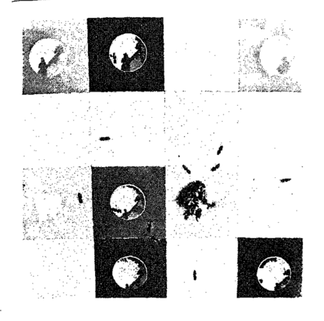
ولان العين المركبة لا تسمح بالتمييز الافضل للنقط الموجودة قرب بعضها البعض في الفضاء، فاننا نعتبر ان مفصليات الارجل قصيرة النظر. فالجسمان اللذان يمكن لنا ان نميزهما على بعد ٦٠ قدم، يمكن للنحلة ان تميزهما على مسافة قدم واحد فقط. ومن جهة اخرى، فان العين المركبة في مفصليات الاجل مهيأة جيدا لاكتشاف الحركة. فاذا ما تحرك جسم امام حقل الرؤية، تفتح وتقفل الاوماتيديات بانتظام. وبسبب تاثير الرعشة الناتجة تستجيب الحشرات افضل بكثير للاجسام المتحركة عن الاجسام الثابتة. فنحلة العسل، على سبيل المثال، تزور الازهار التي تحركها الرياح اكثر من زيارتها للازهار الثابتة. وتقارن قدرة النحلة على ادراك الحركة على سبيل المجاملة بقدرتنا نحن.

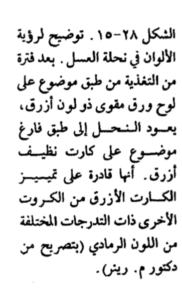
وتكون كيفية الصورة التي تراها العين المركبة اسوأ في الضوء المعتم، فمفصليات الأرجل التي تميل إلى النشاط في الضوء المعتم (مثل الربيان، حشرات ناقة أو فرسة النبي المفترسة او المانتيدس) تميل إلى تركيز حبيبات شاشة الاوماتيديات بداخل اطراف الخلايا المحببة. وهذا التحول يمكن عندئذ الضوء المسلط بزاوية على اوماتيديم واحدة

في ان يمر في الاوماتيديات المجاورة وتنبيهها كذلك. وباستجابة العديد من الاوماتيديات لمنطقة واحدة في حقل الرؤية ، فان القدرة على تكوين صورة لابد وان تتدهور بشكل ملحوظ. وربما تكون حشرات ناقة (فرسة) النبي (المانتيدس) المفترسة قادرة على ان تفعل اكثر قليلا من مجرد التمييز بين الضوء والظلام في المساء ، اذ ان انحراف الحبيبات يجعلها ، على اية حال، اكثر حساسية للضوء عنه اثناء النهار اذ ان الكثير من الاومتيديات يمكنها اكتشاف اي منطقة تجدها من الضوء.

وتوضح دراسة سلوك الحشرات بجلاء ان بعض الحشرات، على الاقل، قادرة على تمييز الالوان الرمادية ولكن بدرجات مختلفة، اذ ان لها القدرة على رؤية الالوان في العين، كل منها يمتص اكثر ما يمكن عند طول موجة مختلفة. فالحبيبة الواحدة يمكنها فقط امداد المعلومات الخاصة بكمية الضوء المشع من الجسم المرئي، اي، لمعانة، وفي مثل هذه الحالة، يكون الفرد ذو عمى الوان كلية، وتظهر له جميع الاشياء بدرجات مختلفة من اللون الرمادي. ولكن في وجود حبيبتان او اكثر، على اية حال، يصبح من الممكن تمييز الالوان لان الجسم المرئي الذي يشع اشعة ذات طول موجة واحدة سائدة يقوم بتنبيه المستقبلات الخاصة والمحتوية على الحبيبة التي تمتص اكثر من غيرها هذا الطول من الموجة بالذات. ولو انه لم يمكن حتى الان تحديد الحبيبات الحقيقية التي تسمح برؤية اللون في بعض الحشرات كلية، فإنه يوجد الدليل القوي على وجودها. فلقد وجد، على سبيل المثال، ان اربعة من الخلايا البصرية في اوماتيديم نحلة العسل تستجيب افضل إلى الضوء الاصفر - الرمادي (٥٣٠ ن م)، واثنتان تستجيبان افضل إلى الضوء الازرق (٤٣٠ ن م) وتستجيب الخلايا الباقية افضل إلى الضوء الفوق بنفسجي (٣٤٠ ن م). ولابد لهذا الترتيب من ان يمكن نحلة العسل من تمييز الالوان (فيما عدا الاحمر)، ولقد اثبتت الدراسات السلوكية ان هذه هي الحالة (الشكل ٢٨-١٥).

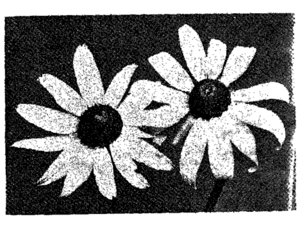
وما هي قيمة رؤية اللون الفوق بنفسجي ؟ ان انابيب كاميرا التلفيزيون حساسة كذلك للضوء الفوق بنفسجي وكذلك الضوء المرئي، ولكن العدسات التي تزودبها تلك الكاميرا تكون معتمة للاشعة الفوق بنفسجية. (وهذا هو السبب في عدم تلون جلدك باللون المدبوغ اي الغامق (Tanned) - او تخليق الكالسيفيرول من ضوء الشمس المار خلال النافذة). وفي اية حال فانه بإستخدام عدسات خاصة منفذة





الشكل ٢٨-١٥ . توضيح لرؤية الألوان في نحلة العسل . بعد فترة من التغذية من طبق موضوع على لوح ورق مقوى ذو لون أزرق، يعود النحل إلى طبق فارغ موضوع على كارت نظيف أزرق. أنها قادرة على تمييز الكارت الأزرق من الكروت الأخرى ذات التدرجات المختلفة من اللون الرمادي (بتصريح من دكتور م. رينر).

للاشعة فوق البنفسجية، بين العالم أيزنر (Eisner) ومساعدوه في جامعة كورنل بالولايات المتحدة الامريكية ان الكثير من الأزهار التي تلقح بواسطة الحشرات تبدو لنحلة العسل مختلفة تماماً عن الشكل التي تبدو لنا نحن (الشكل ٢٨-١٦). ويفسر افشاء (Revelation) الاختلافات الحادة بين الأزهار والتي تبدو لنا وكأنها متشابهة جزئيا





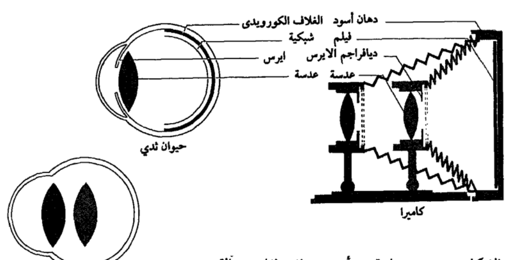
الشكل ٢٨-١٦ . زهرة السوزان سوداء العين مصورة في الضوء المرئي (أعلى) وفي الضوء الفوق بنفسجي (يسار). (بتصريح من دكتور توماس أيزنر).

المقدرة التي يمكن بها لنحلة العسل ان تؤمن الرحيق من نوع واحد فقط من الازهار في وقت من الاوقات حتى ولو كانت انواع اخرى من الازهار توجد مفتحة .

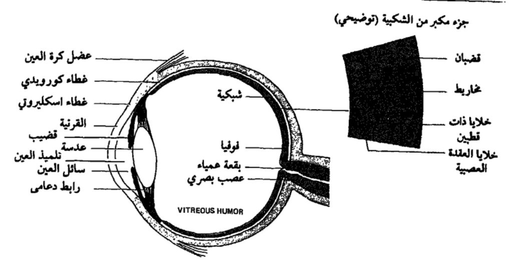
٢٨-١٠ . تركيب عين الانسان
THE STRUCTURE OF THE HUMAN EYE

تعمل اعين الرخويات (القواقع) والفقاريات على نفس القاعدة الاساسية الموجودة في الة التصوير حيث تركز عدسة واحدة اشعتها الضوئية من جميع اجزاء الحقل البصري على لوحة من الخلايا الحساسة للضوء (الشكل ٢٨-١٧).وبالرغم من التشابة الكبير في التركيب والوظيفة بين اعين القواقع واعين الفقاريات، الا ان كل الحقائق تدل على انها - أي الأعين - نشأت وتطورت منفصلة تماما في المجموعتين (القواقع والفقاريات) .

وعين الانسان دائرية تقريبا في الشكل ومحدودة بثلاث طبقات واضحة من الانسجة (الشكل ٢٨-١٨) . الطبقة الخارجية وهي الغلاف الصلب (الاسكليروتي -- Sclero-tic Coat) متين جدا وذو لون ابيض (بياض العين) فيما عدا في الجهة الامامية، وهنا تكون القرنية (Cornea) الشفافة التي تسمح للضوء بالدخول إلى العين وتجعل اشعة



الشكل ٢٨-١٧ . مقارنة بين أعين حيوانين فقاريين وآلة تصوير . كل منهـا يظهـر مركزا أشعتة على جسم بعيد (رمادي) وجسم قريب (ملون). أعين البرمائيات ، الثعابين، وأغلب الرخويات تعمل مثل أعين السمكة، أي تتغير البؤرة كما في آلة التصوير تهيء الطيور والثدييات أعينها بتغيير تقوس العدسات.



الشكل ٢٨-١٨. عين الانسان. المستقبلات الحقيقية للضوء هي القضبان والمخاريط.

الضوء تنثنى حتى يمكنها ان تتركز على البؤرة، ويبقى سطح القرنية رطبا وخاليا من الاتربة عن طريق الافراز الناتج من غدد الدموع القريبة.

والغلاف المتوسط للعين وهو الغلاف المشيمى (الكورويدوى - Choroid coat) محبب بكثرة بالميلانين ومزود بالاوعية الدموية الكثيرة، ويقوم بالوظيفة النافعة جدا وهي ايقاف انعكاس اشعة الضوء الشارد بداخل العين. وهي نفس الوظيفة التي يؤديها اللون الاسود الموجود بداخل آلة التصوير.

وامام العين، يكون الغلاف المشيمى القزحية (Iris) محببة ومسئولة عن لون العين. وتوجد فتحة انسان العين (The Pupil) في مركز القزحية، ويختلف حجم هذه الفتحة كما توجد تحت تحكم اوتوماتيكي. وفي الضوء المعتم (او اوقات الخطر - انظر قسم ٢٧-١١) تكبر تلك الفتحة لتسمح بمرور ضوء اكثر إلى داخل العين، كما تقفل في الضوء الساطع. ولا يحمى هذا فقط داخل العين من زيادة الاضاءة ولكنه يزيد من قدرة العين على تكوين الصورة وعمق حقل الرؤية. ويتمرن المصورون المتحمسون، ايضا على ايقاف ديافراجم القزحية في الات تصويرهم إلى الحد الادنى الذي تسمح به كمية الضوء المتوفرة حتى يمكنهم الحصول على اوضح صورة ممكنة.

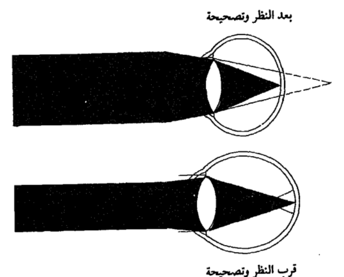
والغلاف الداخلي للعين هو الشبكية (Retina) التي تحتوي على مستقبلات الضوء الحقيقية وعلى القضبان (Rods) والمخاريط (Cones) وبذلك تعمل

الشبكية بنفس طريقة فيلم اله التصوير.

وتقع عدسة العين خلف القزحية مباشرة وتثبت في مكانها باربطة دعامية (او الأربطة المعلقة) (الشكل ٢٨-١٨) وتقع تلك الأربطة عادة تحت التوتر ولذلك تكون العدسة تبعا لذلك مفلطحة. وعلى اية حال، فان انقباض العضلات المتصلة بتلك الأربطة يجعلها ترتخى وتسمح للعدسة باخذ شكل دائرى تقريبا. وهذا التغيير في شكل العدسة يمكن العين من ان تحول (Shift) تركيزها عن البؤرة من الاجسام البعيدة إلى الا- ـام القريبة وبالعكس.

ويجد بعض الناس صعوبة في جعل الاشعة الضوئية تتركز على الشبكية. فاذا كانت مقلة العين (Eyeball) قصيرة جدا، او ان العدسة مسطحة جدا او غير مرنة جدا، فان الاشعة الضوئية الداخلة إلى العين لن تكون في موضع البعد البؤرى في الوقت الذي تضرب فيه تلك الاشعة الشبكية (الشكل ٢٨-١٩). وتعرف مثل تلك الحالة ببعد النظر (Farsightedness) لان الاجسام القريبة على الخصوص يكون من الصعب وضعها في البؤرة. واستخدام النظارات الطبية المزودة بعدسات محدبة يصحح تلك الحالة بمساعدة عدسة العين نفسها وذلك بتجميع الاشعة الضوئية بسرعة اكثر.

وكبار السن من الناس معرضون على الخصوص لان يصبحوا بعيدى النظر اذ ان عدساتهم تصبح اقل مرونة.



الشكل ٢٨-١٩. العيوب العادية للعين. ممر اشعة الضوء بدون نظارات يرى باللون الأسود، وبالنظارات، بالألوان. وعدسات النظارات الحديثة ليست بتلك البساطة في الشكل كالتي تشاهد في الصورة ولكنها تعمل بنفس الطريقة.

والطول الزائد لمقلة العين او الاستدارة الزائدة للعدسة يسببان قصر النظر (Near-sightedness) فصورة الاجسام البعيدة يمكن جعلها في بعد بؤرى امام الشبكية وابعادها ثانية عن البعد البؤرى قبل سقوط الضوء بالفعل على الشبكية (الشكل ٢٨-١٩)، يمكن رؤية الاجسام القريبة بسهولة . وتصحح النظارات ذات العدسات المقعرة هذه الحالة بتفريق الاشعة الضوئية بعض الشيء قبل دخولها إلى العين .

وطريقة تغيير البعد البؤرى بتغيير شكل العدسة ليس له ما يقابلة في التصوير الفوتوغرافي. فالبعد البؤري يتغير في الات التصوير بتحريك موضع كل العدسة بالنسبة إلى الفيلم . وتستخدم تلك الطريقة ايضا في اعين بعض الاسماك، البرمائيات، الثعابين، بعض الرخويات (القواقع) .

فاذا كان للعدسة او القرنية اي عدم انتظام في تقوسهما، فان جميع الاشعة الضوئية التي تدخل العين لن يمكن وضعها مجتمعة في البعد البؤرى . ويعرف هذا الخلل باسم استيجماتيزم (Astigmatism) ويصحح هذا الخلل بنظارات خاصة تعوض هذا الخلل في عدم الانتظام .

ولاسباب مازالت غير واضحة، ينشأ عند بعض الافراد مناطق سحابية في احدى العدسات او في كليهما، تسمى هذه النظائر باسم كاتاركتس (Cataracts) والتي تسبب العمى الجزئي او الكلى . ويمكن لجراحى العيون الان اعادة الرؤية بابعادهم العدسات المعيوبة (التي بها الخلل) جراحيا واعطاء المريض نظارات زائدة القوة لتعويض مافقدوه .

وتقسم كلا القزحية والعدسة داخل مقلة العين إلى غرفتين رئيسيتين، الامامية وهي مملوءة بسائل مائي والمسمى بالهيومور المائي (Aqueous humor) والخلفية والمملوءة بمادة هلامية زائدة الشفافية هي الهيومور الزجاجى (Vitreous humor).

ويتسبب في حركة كرة العين ثلاثة ازواج من العضلات، كل زوج يعمل بالتعارض مع الزوج الاخر، كما يساعد العمل المتوافق لهذه العضلات مقلة العين على الدوران في اي اتجاه، وبذلك يكون في استطاعتنا ان ندرب كلا العينين على الحركة في اتجاه واحد، ويتسبب هذا في ظهور مشهدين مختلفين قليلا لنفس المنظر والذي يمكن للمخ

ان يوحدهما في منظر واحد هي الصورة التي يطلق عليها بالصورة ذات الثلاثة ابعاد (الاستريوسكوبية). وينتج التوافق الغير سليم للعضلات المتحكمة في العين مثل هذا الخلل والمسمى بالحَوَرْ أول الحَوَلْ Cross-eyes.

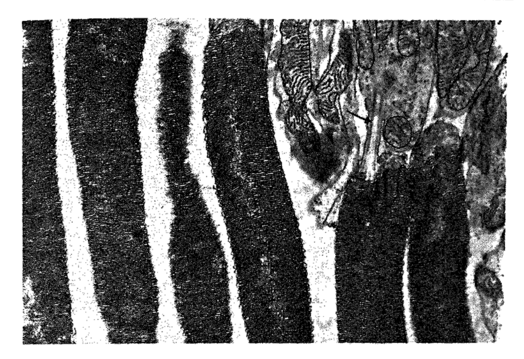
٢٨-١١ . اكتشـاف الضـوء DETECTION OF LIGHT

ان المستقبـلات البصرية الحقيقية في العـين هي القضبان والمخاريط وهي خلايا مكدسة بجوار بعضها البعض تحت سطح الشبكية مباشرة.

١ ـــ القضبان : THE RODS

يوجد تقريبا نحو ١٠٠ مليون قضيب في كل عين وهي تستخدم اساسا للرؤية في الضوء المعتم وحساسة للغاية للضوء. والصورة الناتجة عن القضبان ليست، على اية حال، صورة واضحة، تزودنا الدراسة الدقيقة الميكروسكوبية لتركيب الشبكية بشرح لذلك. وتعمل القضبان في مجاميع، بعبارة أخرى، يتقاسم عدد من القضبان دائرة عصبية واحدة إلى المخ . ويمكن لقضيب واحد ان يتسبب في بدء نبض في تلك الدائرة ولكن لا توجد وسيلة للمخ كي يحدد القضيب الذي تسبب في حدوث هذا النبض من مجموعة القضبان (الشكل ٢٨-١٨). ولكى يمتص الضوء، لابد من وجود مادة ماصة للضـوء، اي حبيبـات، والحبيبات في القضبان هي الرودوبسين (Rhodopsin) وهي منـدمجة في اغشية مكدسة تقريبا في المنطقة الخارجية للقضيب (الشكل ٢٨-٢٠). ويشـابه هذا التنظيـم ذلك الـذي نجـده في ثيلاكويـدات (Thylakoids) حبيبات البـلاستيـدات الخضـراء (Chloroplast grana) (انظر قسم ٨-٣) وهو جهاز آخر ماص للضوء.

والرودوبسين هو بروتين متقترن و يتكون من البروتين أوبسين (Opsin) الذي تتصل به المجمـوعـة الفعـالـة (Prosthetic) للرتينـال (Retinal) . والـريتينال هو فيتامين (أ) تأكسـد ت ذرة الكربون رقم ١٥ فيه من كحول إلى الدهيد (شكل ١٨-٢١) وسلسلة ذرات الكربون الممتدة من رقم (٧) إلى رقم (١٥) مرتبطة بروابط متبادلة مزدوجة . ووجـود الـرابـطة المزدوجة بين زوج من ذرات الكربون يمنعها من الدوران بحرية، وبذلك يمكن توجيه ذراتها من الهيدروجين في واحد او اخر من احد شكلين محتملين.



الشكل ٢٨-٢٠ . خلايا قضبان فأر الكانجرو (مبكرة ٢٢,٠٠٠ مرة). الحلقات الخارجية للقضبان تحتوي على أكوام مرتبة من الأغشية التي تتحد فيها الحبيبة البصرية. والمناطق الداخلية تحتوي على كثير من الميتوكوندريا. ويتصل الجزء آن من أجزاء القضيب بواسطة ساق (سهم) له نفس تركيب السيليوم (Cilium) (عن بورتر، بونيفيل: مقدمة للتركيب الدقيق للخلايا والأنسجة، الطبعة الرابعة، لي فبيجر، ١٩٧٣).

وعندما تبرز كلا ذرتي الهيدروجين في نفس الاتجاه، يصبح الشكل *Cis*، وعندما يمتدان إلى الاتجاهات المضادة يصبح شكلة *trans*. وعند ارتباط الريتينال بالاوبسين، تكون ذرات الكربون رقمى ١١ ، ١٢ في الاتجاه *Cis*، فتنتجان جزءا اكثر إلتواء في الجزيء (الشكل ٢٨-٢١) ويطلق على هذا الشكل (cis Retinal - ١١).

والاوبسين وحدة عديم اللون، لكن عند اقترانه بـ (Cis Retinal - ١١) يصبح ذو لون احمر قرمزى غامق. وعندما يضرب (Strike) الضوء الجزيء، يتحول Cis Retinal - ١١ إلى "All-trans" مشابه (الشكل ٢٨ - ٢١). ويتم ذلك بالاتي: (١) تحول توافقى في الاوبسين، (٢) توليد جهد قفل في القضيب، (٣) فصل All-trans retinal من الاوبسين والذي تكون نتيجته ازالة لون القضيب.

ولو ان القضبان تزودنا بصورة خشنة نسبيا عديمة اللون، الا انها حساسة جدا

11 - cis شبكى

ضوء

كل – trans – شبكى

الشكل ٢٨-٢١. تحول مرغب - الضوء لـ (١١- cis - شبكى الى كل - trans - شبكـى). الشبكى هو الـ مجموعة Prosthe-tic للرودوبسين، الحبيبة البصرية للقضبـان. والتغـير الجـزيئي الموضح هنا يحوي تغير معلومي في الـبروتـين (أوبسـين Opsin) والـذي، بدوره، يشعـل شرارة القدرة الفعلية في القضيب.

لوجود الضوء، إذ يمكنها اكتشاف ضوء اقل كثافة مليون مرة عما يمكن لعيننا استقبالة في يوم صحو مشمس، وكلما زاد الضوء الذي يضرب القضبان. على اية حال، كلما زادت ازالـة لون الرودوبسين كلما قلت حساسية القضبان.ولحسن الحظ، فان هذه العملية عكسية، إذ يتم تخليق بعض الـرودوبسين ثانية مباشرة من مكوناتة التي تم تكسيرها وهما الريتينال والاوبسين.

ويوجد ايضا دليل على انه يتم التصنيع المستمر للريتينال في العين باكسدة فيتامين (أ) ويزودنا احتياطى الجسم من فيتامين (أ) بمخزن هائل لتخليق الريتينال. ولاعجب عندئذ، ان نقص فيتامين (أ) يصاحبة في الغالب العمى الليلى، اي عدم القدرة على الرؤية في الظلام.

ولكى تصبح القضبان حساسة بقدر الامكان ملائمة للظلمة فمن الضروري ان يزيد معدل تخليق الرودوبسين عن معدل تكسيرة، وهذا يعني انه لابد من ابعاد الضوء السـاطـع عن العـين. وكلنـا مدركون صعوبة الرؤية في حجرة معتمة بعد الدخول الفجائي من حجرة مضيئة بشدة. وتحتاج اعيننا لنحو نصف الساعة في الظلمة لكى تتعود تماما على تلك الظلمة.

وبخصوص الطيارين الذين كانوا يطيرون ليلا اثناء الحرب العالمية الثانية كان لابد لهم من البقاء في الظلام لفترة قبل ابتداء مهمتهم الخطيرة والتي كانت لهم بحق بمثابة تحطيم للاعصاب. ولقد زودنا التحقق من ان القضبان غير حساسة للضوء الاحمر بحل جميل، على اية حال. فلقد مكنت النظارات الوقائية الحمراء الطيارين من القيام بانشطتهم العادية بينما لايزالون قادرين على تمكين قضبانهم من التعود على الظلام. والنظارات الوقائية الحمراء سمحت للضوء الاحمر فقط من الوصول إلى الشبكية، وهذا الضوء الاحمر هو الذي نبه المخاريط وليس القضبان.

٢ ــ المخاريط THE CONES

نحن نعرف كيف تعمل المخاريط اقل عما نعرفة عن كيفية عمل القضبان. وعدد المخاريط كثير على الخصوص (نحو ١٥,٠٠٠ في كل ملليمتر مربع) في منطقة واحدة من مناطق الشبكية، والمسماة بالفوفيا Fovea، وهي منطقة مقابلة بالضبط للعدسة. وبخلاف القضبان، فان المخاريط تعمل في الضوء الساطع فقط علاوة على ذلك فهي تمكننا من رؤية الالوان. وكما لاحظنا في قسم (٢٨-٩) لابد من وجود نوعان على الاقل من المخاريط حتى يمكن اكتشاف اية الوان بالمرة. وكل مخروط لابد من ان يحتوي على صبغة (Pigment) وتمتص افضل ما يكون من احد الالوان الثلاثة الاولية وهي: الاحمر، الاخضر، الازرق. ونظريا، يمكن للمخ ان يمزج ثلاثة احساسات بثلاثة الوان اولية للحصول على اي من اكثر من ١٧,٠٠٠ صبغة مختلفة والتي يمكن للعين المدربة ان تميزها. وفي الحقيقة فانه امكن بيان وجود صبغة تمتص اللون الاحمر (بحدها الاقصى الامتصاصي عند ٥٦٥ ن م)، صبغة تمتص اللون الاخضر (٥٣٥ ن م)، وصبغة تمتص اللون الازرق (٤٠٠ ن م) في الفوفيا والريتينال هو المجموعة المصنعة (Prosthetic) لكل من هذه. والاختلافات في البروتين اوبسين، والتي يتصل بها الريتينال، هي المعول عليها في اختلافات الامتصاص. ويحتوي المخروط الواحد على إحدى هذه الأصباغ الثلاثة. وبالعمل سويا، فان المخاريط التي تمتص الالوان الاحمر والاخضر والازرق في الفوفيا تزودنا بالاساس في رؤية الالوان.

وتخص هذه الاكتشافات جيدا معلوماتنا عن عمى الالوان. وكما تعلمت في قسم (١١-٣)، فعمى الالوان والخاص باللون الاحمر والاخضر هو فقط مرتبط بالجنس

X-linked وهـو صفة متنحية. وفي الحقيقة، فانه يوجد نوعان من الافراد ذوى عمى الالـوان واللذين لا يستـطيعون التمييز بين الالوان الحمراء والالوان الخضراء: وهم الافـراد اللذين تنقصهـم أصباغ امتصاص اللون الاخضر. وبما ان هذه صفة مرتبطة بالجنس، فان معـظم الضحـايا في كل مجموعة هم من الرجال. ولربما يكون الجين المتنحي الموجود على الكروموسوم X مبرمجا لعيب في الابسين وبذلك لا تنتج أصباغا عاملة مختصة للون الاحمر - او الاخضر ويوجد دليل قوى على ان جين كل من هذه الأصباغ يقع في مكان منفصل على الكروموسوم X.

واكثر ندرة هي حالة عمى الالوان التي يتدخل فيها غياب الأصباغ الماصة للون الازرق. والحالات القليلة التي وجدت اشترك فيها النساء تماما مثل الرجال، لذلك فانه ربما يكون الجين المعـاب (Defective) اي الذي به خلل موجودا على الاوتوسوم (Autosme) و علاوة على ذلك، فانه يبدو ان هذا الجين سائد.

وبـالاضافة إلى تزويد الاساس لرؤية الالوان، فان المخاريط تزودنا بحدة نظرنا القوية. فعدد المخاريط المشتركة في دائرة إلى المخ هي اقل بكثير عما في حالة القضبان. وعلاوة على ذلك، فان المخاريط مرصوصة بكثافة في الفوفيا. والانسجة الاخرى، مثل الاوعية الدموية، غائبة عن هذه المنطقة من الشبكية وبذلك لا تتدخل في استقبال صورة واضحة. والصورة، على اية حال، واضحة (وملونة) على مساحة صغيرة من المنظر. وقدرتنا على توجية اعيننا بسرعة لاي شيء نراه والذي يهمنا رؤيته يجعلنا ننسى كيف ان رؤيتنا السطحية ضعيفة بهذه الدرجة.

وتذهـب كل النبضات العصبيـة التي تولـدها القضبـان والمخاريـط إلى المـخ عن طريق الخلايا العصبية الموجودة في العصب البصري (Optic nerve)، وعند النقطة من الشبكية التي تتجـة إلى مليون خلية عصبية تقـريبا على العصب البصري، لاتوجد قضبـان او مخاريط بالمرة (الشكل ٢٨-١٨). وهذه البقعة (القطعة) والمسماة بالبقعة العمياء، غير حسـاسة للضوء. ويمكنك بالعلامات الموجودة في الشكل (٢٨-٢٢) توضيح وجود البقعة السوداء بنفسك. ولا تستقبل البقع السوداء في اعيننا الاثنين نفس الاجزاء من الجسم المرئى، لذلك فان كل عين تعوض ماتفقدة بسبب البقعة السوداء في العين الاخرى.



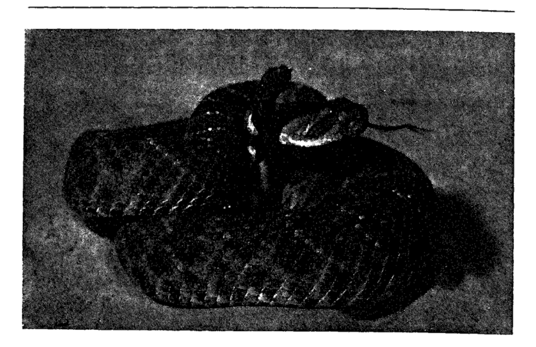
الشكل ٢٨-٢٢ . شرح البقعة السوداء . غطي عينك اليسرى بيدك ، وامسك الكتاب على بعد طول ذراع ، وانظر على علامة + بعينك اليمنى . ماذا يحدث للدائرة عندما تحرك الكتاب ببطء نحوك؟

٢٨-١٢ . المستقبلات الحرارية : HEAT RECEPTORS

الحرارة هي اشعاع كهربائي مغناطيسي ذات اطوال موجات اطول من موجات الضوء (الشكل ٢٨-١٢) . وجلد الإنسان حساس جدا للحصول على او فقد الحرارة . وتوزع خلال الجلد بطريقة غير منتظمة مستقبلات ، عند تدفئتها ، تعطى الاحساس بالدفء . وتعطى بعض المستقبلات الأخرى الاحساس بالبرودة عند تنبيهها التنبيه المناسب . ويمكن تحديد مواقع هذين النوعين من المستقبلات باستخدام مجسات معدنية غير حادة الطرف وغمرها في ماء ساخن وفي مزيج من الملح ثم الثلج ثم الماء ، على التوالي . والجلد غني بامداداته من الخلايا العصبية الحسية ، التي يتصل الكثير منها باعضاء استقبال خاصة (الشكل ٢٨-٧) . وعلى اية حال ، لم يمكن حتى الان ان نعرف بالتاكيد عما إذا ما كان اي من هذه المسئولة عن اكتشاف اي تغييرات في الحرارة .

وتحتوي بعض الثعابين على مستقبلات حرارية حساسة للغاية موجودة في حفرتين موجودتين على الوجه . وهذه الحفر والمسماة (Pit vipers) موجودة في الثعابين ذات الاجراس (Rattlesnakes) (الشكل ٢٨-٢٣) وفي ثعابين فم القطن (Cotton mouth) والثعابين ذات الرأس النحاسي (Copperhead) الموجودة في امريكا الشمالية . وتساعد تلك المستقبلات هذه الثعابين في اكتشاف فريستها من ذوات الدم الحار في الظلام . ويمكن للثعابين ذوات الاجراس ان تضرب باحكام فأرا في الظلام .

وتوجد بجسم الانسان ايضا مستقبلات تكتشف التغييرات الحرارية الداخلية كما يوجد منظمان حراريان حساسان (Thermostats) في غدة الهيبوثالاماس (Hypothalamus) في المخ . وتستجيب الخلايا المستقبلة في احد هذين المنظمين للزيادات الطفيفة (٠١ , ٠ م) في حرارة الدم ، ويكون نتيجة لتلك الاستجابة ان تتعاون سويا جميع الانشطة التي يبرد بها الجسم نفسه (وهي اتساع الاوعية الدموية في الجلد ، العرق ، غيرها) وذلك بالعمل عندما تبدأ درجة حرارة الدم في الارتفاع ويرجع



الشكل ٢٨-٢٣ . ثعبان الأجراس الغربي ذو الظهر الماسي. لاحظ المستقبلات الحسية مركزة في الرأس. تستجيب العيون للأشاعات البصرية والحفر الموجودة في أسفل فتحات الأنف، تكتشف الأشعة تحت الحمراء (الحرارة) . يختبر اللسان الهواء بحثا عن جزيئات مواد ذات رائحة . (بتصريح من جمعية نيويورك لعلم الحيوان) .

الفضـل كلة إلى تلك المستقبلات الحرارية والتي تمكننا من الحفاظ على درجة حرارة اجسـامنا ثابتة (Homeothermy) اثناء فترات الاجهاد، او اثناء ارتفاع حرارة البيئة. ويحـافظ المستقبـل الثاني الموجود في غدة الهايبوثالاماس على درجة حرارة الجسم عند تعرض الجسم للبرودة. ويساعد عمل مستقبلات الجلد الحرارية، لكن لا يستطيع الاحلال محل، عمل مستقبلات الدم الحرارية في غدة الهايبوثالاماس.

المستقبلات الكيميائيـة CHEMORECEPTORS

ان مستقبـلاتنا الكيميائية الموجودة في البيئة الخارجية هي براعم الذوق والموجودة اساسا على اللسان، الخلايا الطلائية الشمية والموجودة في اعلى الفراغ الانفى.

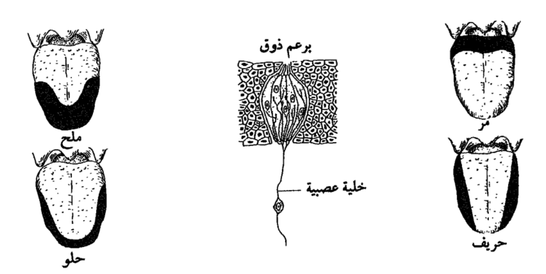
٣٨-١٣ . الــذوق : TASTE

لكى يمكن تذوق مادة ، لابد من ان تكون تلك المادة قابلة للذوبان في رطوبة الفم. وفقط عندما تكون في محلول، يمكن لتلك المادة ان تنبه براعم الذوق (Taste buds) و

يمكن تمييز اربعة اشكال من براعم الذوق تشريحيا (مورفولوجيا)، اغلبها موجود على سطح اللسان ولو ان القليل منها موجود على الصفيحة (Plate) الموجودة عالية خلف الفم.

ويتفق معظم المجربين من البحاث على وجود اربعة انواع اولية فقط يمكن الاحساس بتذوقها وهي : الحلو ، الحريف ، الملحى ، المر . وباستخدام محاليل مخففة من السكروز، حمض الهيدروكلوريك، كلوريد الصوديوم، كبريتات الكينين، على التوالي، يمكن للفرد ان يجد ان كلا من انواع التذوق الاربعة موجود في منطقة معينة من اللسان (الشكل ٢٨-٢٤). وعلى اية حال، فان محاولات تحديد اماكن تلك الانواع الاربعة اثبتت ايضا وجود تداخل في مناطق التذوق وكذلك وجود اختلافات واضحة من فرد إلى اخر.

ويمكنك ان تجادل بانه يمكنك اكتشاف اكثر من اربعة من أنواع التذوق. اذن يمكنك ذلك، ولكن يتطلب هذا عوامل اخرى. وأول كل شيء، فان اتحاد الاربعة انواع الاولية للتذوق ينتج تذوقات اخرى. واكثر اهمية من ذلك هو الدور الذي تلعبه مستقبلات الشم ، الحرارة ، اللمس في عملية التذوق. وإذا ما مضغ انسان طعامه ،



الشكل ٢٨-٢٤. يبدأ الأحساس بالذوق في العمل في براعم الذوق الموجودة على اللسان. وعند تنبيهها بمواد كيميائية ذاتية كل يبدأ في تنبيه أحد أربعة احساسات الذوق الأولية. وبينما يكون توزيع مناطق الذوق الموجودة فى الشكل نموذجيا، يوجد تغيير محسوس من شخص الى آخر.

ربما تهرب أبخرة خلال البلعوم الفمي إلى فراغ الانف ويتم كشفها بمستقبلات الرائحة في انوفنا. والفقد المحسوس في التذوق والذي نشعر به عند انسداد التجاويف الانفية اثناء البرد يؤيد هذه النقطة. ويمكنك توضيح ذلك بوسيلة حية تحت ظروف اكثر سرورا بوضع الماء ، الذي تم وضع حبتين او ثلاث حبات قرنفل فيه ثم غلى هذا الماء بالقرنفل، على لسان شخص مغمض العينين ، فسرعان مايتذوق هذا الشخص المزيج في الحال عندما تكون ممراته الأنفية مفتوحة. ولكن عند مسك انفه، على اية حال، سيجد صعوبة كبيرة في تمييز محلول القرنفل من الماء العادي . ويلعب قوام الطعام ايضا جزءا هاما في احساسنا بالتذوق.

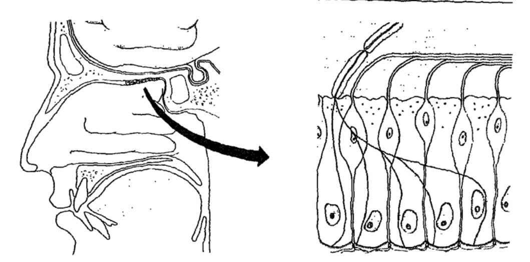
وللكثير من الحشرات احساس تذوقي كامل النمو، فأبو دقيق الادميرال الاحمر يمكنه تذوق محلول سكروز قوتة ٠,٠٠٠٠٧٨ مولار، وهي نسبة مخففة جدا بالنسبة الينا كي نتذوقه، وتوجد مستقبلات التذوق في هذه الحشرة على الارجل. ولحشرات اخرى مستقبلات تذوق على قرون استشعارها واجزاء فمها.

٢٨-١٤ . الرائحــة SMELL

يكتشف الانسان الروائح بواسطة خلايا استقبال موجودة في مجموعتين من خلايا الشم الطلائية (Olfactory epithelia) موجودتين في اعلى الفراغ الانفى (الشكل ٢٨-٢٥) ويبلغ حجم كل من هاتين المجموعتين حجم طابع البريد، اي ٢٥٠ ملم^{٢}

ويمر الهواء المسحوب خلال الفتحتين الانفيتين على تلك الخلايا المذكورة. وتذوب الجزيئات التي تذوب في الماء والدهون الموجودة في الهواء في الطبقة المخاطية التي تغطى الخلايا الطلائية وتسبب الاحساس بالشم . ويحسن التنشيق (Sniffing) الشديد من تعريض خلايا طلائية الشم للمواد الموجود في الهواء.

والعادة اننا نعتبر حاستنا الشمية واحدة من افقر حواسنا. وحقيقة ان حاسة وقوة التمييز (القدرة على التمييز ما بين الروائح المتشابهة) لتلك الحيوانات امثال الكلب والغزالة لهي احسن بكثير من مثيلتها في الانسان. وعموما، يمكننا في الواقع اكتشاف انواع غير محدودة من الروائح (ولكن رائحة واحدة فقط في نفس الوقت) وفي كثير من الحالات عند بدايات (Thresholds) منخفضة جدا. فيمكننا، على سبيل المثال، اكتشاف ٠,٠٠٠٠٠٠٠٠٢ جرام من الفانيلين (العنصر الفعال في طعم الفانيليا)



الشكل ٢٨-٢٥. يسار: حاسة الشم تنشأ في خلايا الأبيثيليم الشمية الموجودة في أعلى الفراغ الأنفى. يمين: ولو أن نوعين فقط من الخلايا المستقبلية يمكن تمييزهما، فاننا نستطيع أن نفصل بين مجموعة كبيرة من المواد ذات الرائحة.

المتبخرة في ١٠٠٠ لتر من الهواء.

ولقد حيرت تلك الوسيلة العلماء لمدة طويلة. ويمكن تمييز نوعين فقط من الخلايا المستقبلة في الخلايا الشمية الطلائية تبعا لتركيبها. ويبدو من المحتمل، بالرغم من ذلك، انه يمكن تمييز عديد (ربما سبعة) من تلك الخلايا المستقبلة عن طريق وظائفها. وطبقا لاحدى النظريات، فان كلا من هذه السبعة انواع من المستقبلات تستجيب لجزيئات من طائفة (Class) معينة. وفي اغلب الاحوال، يحدد شكل جزيء نوع الطائفة (Class) الذي يوجد به وبالتالي اي مستقبل يمكنة الاتصال به مؤقتا: وكل طائفة من الجزيئات تنتج رائحة مبدئية (Primary) مثل رائحة المسك، او النعناع، او رائحة حريفة، او غيرها، وتنشأ الروائح المعقدة عندما يكون للجزيئات شكلا يسمح لها ان تتصل باكثر من مستقبل واحد، كما يمكنها ان تنشأ ايضا عندما تنطلق جزيئات مختلفة من مادة الرائحة. حقيقية، فان كثيرا من الروائح تمثل التأثير المشترك لمجموعة معقدة من المواد الكيميائية. وعلى سبيل المثال، تشترك اكثر من ١٠٠ مادة في انتاج رائحة نباتات الجيرانيوم (geraniums).

وجزء من شرح نظرتنا المتدنية (Low) التي ننظر بها إلى حواسنا الشمية هو عدم قيام تلك الحواس بدور هام في حياتنا. وتعتمد الحيوانات الأخرى كثيراً، على أية حال، على

الرائحة لتمكينها من رصد وليفتها، ومكان غذائها، والهروب من مفترساتها. ويمكن لذكر فراشة دودة الحرير ان يشم الفيرومون الذي تفرزة الفراشة الانثى من على بعد ميلين او ثلاثة في اتجاه الريح، وتوجد مستقبلات الرئحة بها، كما هو الحال في الحشرات الاخرى، على قرون الاستشعار.

والقدرة الفائقة في سمك سالمون الساحب الباسيفيكي في العودة، بعد فترة تبلغ نحو ٤-٥ سنوات في البحر، إلى نفس مجارى المياة العذبة والتي ولدت فيها ربما تتدخل فيها حاسة الشم (أو التذوق - حيث لا يوجد في الحقيقة الكثير من التفرقة بين الاثنين لحيوان يعيش محاطاً بالماء). ومستقبلات الرائحة في سمك السالمون وكذلك في اغلب الاسماك العظمية موجودة في غرفتين صغيرتين امام الاعين مباشرة، يدخل ويخرج الماء في كل من هاتين الغرفتين خلال فتحات منفصلة، هي الفتحات الانفية. ومن العجيب ان نعرف ان تلك الفتحات الانفية استخدمت اولا لاكتشاف الرائحة في حيواناتنا الفقارية السابقة. وفقط فيما بعد، عندما اصبحت الفقاريات من الحيوانات التي تستنشق الهواء، بدأ استخدام الفتحات الانفية في دخول الهواء إلى ومن الرئات.

ويوجد بالثعابين والسحالي عضو استقبال للرائحة (او التذوق ؟) والمسمى بعضو جاكبسون (Jacobsons organ) في سقف الفم، هي تبرز السنتها للخارج في الهواء ثم في داخل عضو جاكبسون على التوالي، بذلك يمكنها تذوق الهواء واكتشاف وجود الروائح (انظر في الخلف في الشكل ٢٨-٢٣).

٢٨-١٥ . المستقبلات الكيميائية الداخلية

INTERNAL CHEMICAL RECEPTORS

يوجد بالانسان كذلك مستقبلات يمكنها اكتشاف التغييرات الكيميائية في البيئة الداخلية. فتوجد في الشرايين السباتية (علاوه على مستقبلات الضغط التي سبق ذكرها من قبل) خلايا حساسة لزيادة تركيزات ثاني اكسيد الكربون وخلايا اخرى تكتشف بعض تركيزات الاوكسجين. وعند تنبيهها، يعمل النوعان من الخلايا على بدء النبضات العصبية والتي بدورها تزيد من معدل التنفس ومعدل دق القلب (انظر قسمى ٢١-٩ ، ٢٣-١٩).

وتوجد كذلك مستقبلات ثاني اكسيد الكربون الحساسة في النخاع المستطيل وهذه تبدأ النبضات العصبية المتحكمة في معدل وعمق التنفس، وهي تزودنا باحسن تحكم متقن على هذه الوظيفة (انظر قسم ٢-٩) .

وينشأ احساسنا بالعطش كنتيجة خلايا خاصة في غدة الهيبوثالاماس في المخ ،وهي خلايا حساسة للغاية للتغيرات في الضغط الاسموزى للدم . فاذا مازاد الاضغط الاسموزى (نتيجة لفقد الماء او لزيادة تناول الاملاح) ، نصبح بسرعة عطشى . علاوة على ذلك ، يفرز هورمون (ADH) من الفص الخلفى للغدة النخامية والذي يعمل على انابيب الكلية للقيام باعادة امتصاص اكبر قدر من الماء . ولعلك تتذكر (انظر قسم ٢٧-٩) انها هي غدة الهيبوثالاماس نفسها هي التي تصنع (ADH) لتخزينة في الفص الخلفى للغدة النخامية .

واثبتت التجارب باستخدام العديد من حيوانات المعمل، غالبا الفئران البيضاء، وجود زوجان من المناطق في غدة الهيبوثالاماس اللذان ينظمان التغذية، وتنشيط احد الزوجين - ولنطلق عليه مركز الجوع الذي ينبه الحاجة إلى التغذية. وتسبب هذه المناطق جعل الحيوان منقطعا عن التغذية حتى ولو كان جوعانا ، كما سبب تنبيه الزوج الثاني - مركز الشبع - تثبيط مركز الجوع . وعلى ذلك فان تلف مركز الشبع هذا يسبب الرغبة إلى التغذية بدون تحكم ، في الحقيقة ، لدرجة ان الحيوان يصبح سمينا جدا . ولقد اصبحت الفئران بالفعل ثقلية اذ اصبح وزنها كيلوجرام واحد بعد اتلاف مركز الشبع بها.

ولازالت طبيعة المنبه الذي يتم اكتشافة بمركز الشبع غير مؤكدة، فالخلايا العصبية التي تزيد من اشعالة عند تعرضة للتركيز المتزايد من الجلوكوز موجودة في مركز الشبع . وعلى اية حال ، يوجد دليل كاف على ان هذه المراكز تستجيب للمستويات المتزايدة من الكوليسيتوكينين (CCK - Cholecy stokinin) في الدم . وعلاوة على ذلك ، فانه يوجد الدليل على ان الاشارة (او الاشارات) الكيميائية التي تثبط عملية التغذية يتم بدؤها في الجهاز العصبي وتمر الاشارة في خلايا عصبية حسية إلى مراكز الشبع في الجهاز العصبي المركزي. ولربما تعمل عدة وسائل سويا لتتسبب في ايقاف التغذية.

٢٨-١٦ . المستقبلات المغناطيسية والمستقبلات الكهربائية

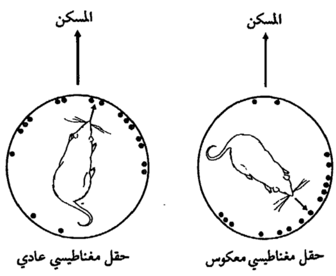
MAGNETORECEPTORS AND ELECTRORECEPTORS

في السنوات الاخيرة، تجمعت الدلائل على انه يمكن للكثير من الحيوانات اكتشاف الحقل المغناطيسى للأرض . واتت تلك الدلائل عن طريق ملاحظة التغييرات في سلوك التعرف على الموطن (Homing) اذا ما حاولنا تغيير قدرة الحيوان بالاحساس للمغناطيسية الارضية . وعلى سبيل المثال ، فانه عند عودة الحمام إلى موطنة يتغير اتجاهة السليم عند وضع مغناطيس على جانبي راسة. وعلى اية حال، يحدث هذا التغير في الاتجاة السليم فقط في الايام التي بها سحب، مما يجعلنا نقترح ان قدرة الملاحة بالدلائل المغناطيسية هو نظام مخزن (Backup).

وتشاهد ظاهرة مماثلة في فئران الخشب، التي إذا اخذت من منطقة سكنها إلى منطقة اخرى تبعد نحو ٤٠ مترا ، فان الفئران توجه نفسها تجاه مسكنها الاصلي (الشكل ٢٨-٢٦) . ولكن في حالة نقلها بعيدا عن مسكنها ، ووضعها في مجال مغناطيسي معاكس للمجال المغناطيسي الارضى عند هذا الموقع ، فان الفئران توجة نفسها في اتجاه مخالف للاتجاه الحقيقي لمسكنها . وعلى اية حال، يحدث هذا الخطأ فقط إذا لم يسمح لتلك الفئران برؤية المنطقة التي نقلت اليها .

ولقد وجد الدليل على قدرة الاستجابة للحقل المغناطيسي الارضي كذلك في نحل العسل ، في البلاناريات (Planarians) والقواقع ، السلاماندر ، الدولفين الباسيفيكي ، حتى في البكتيريا (انظر قسم ٣١ - ٣) ، الانسان . فما هي طبيعة المستقبل؟ وجد ان الكثير من هذه الحيوانات تحتوي على مواد مغناطيسية . ففي الحمام ، تتكون هذه المادة من حبيبات ميكروسكوبية من مادة الماجنيتايت (Magnetite) (Fe_2 O_3)موجودة قرب سطح المخ ، والنسيج المحتوي على الماجنيتايت غنى بالخلايا العصبية، ولكن لا يعرف احد كيف تولد تلك المواد المغناطيسية الدقيقة النبضات العصبية .

ويوجد بعدد من الاسماك المسماة بالاسماك الكهربائية اعضاء تولد حقولا كهربائية في الماء. ولقد تم شرح خواص تلك الاعضاء الكهربائية في الباب الثلاثين من هذا الكتاب. ويبدو ان الاسماك تستخدم المعلومات المتجمعة بواسطة مستقبلاتها



شكل ٢٨-٢٦. يسار: اتجاه اتخذتها فيران الخشب بعد ابعادها من مسكنها في صندوق مغلق. يمين: نفس التجربة، فيما عدا أن الفيران تعرضت لحقل مغناطيسي معكوس بمجرد نقلها من مسكنها. كل نقطة تمثل الوجهة التي اتخذها فأر واحد والسهم بداخل كل دائرة يمثل متوسط كل الفيران. الفيران نقلت الى صندوق مفتوح كى يمكنها رؤية علامات أرضية موجهة توجيها صحيحا سواء أكانوا أم لا معرضون لحقل مغناطيسي غير طبيعي. (معتمدا على أعمال ماذر، بيكر، مجلة Na-ture - ٢٩١ = ١٥٢ ١٩٨١).

الكهربائية في اغراض متنوعة مثل الملاحة في مياه معتمة وكذلك الاستجابة للافراد الاخرى التابعة لنوعها. وتمتلك بعض الاسماك التي لم توجد بها اجهزة كهربائية بالرغم من ذلك مستقبلات كهربائية وربما تستخدم مثل تلك الاسماك هذه المستقبلات لتجنب الاسماك الكهربائية المفترسة.

ملخص الباب CHAPTER SUMMARY

يعتمد كل توافق عصبي على وجود مستقبلات تنبيه خاصة، وهذه تتسبب في السريان المستمر للمعلومات طبقا لحالة البيئات الخارجية والداخلية. ولانجاز وظائفهم، فان جميع مستقبلات التنبيه لابد من ان تزود بثلاثة صفات:

(١) لابد من ان يكون تكوينهم بحيث ان تكون لهم مدخل او بداية (Threshold) لنوع واحد من المنبهات.

(٢) لابد من اتصالهم بخلية عصبية.

(٣) لابد من مقدرتهم على بدء النبضات العصبية في تلك الخلية العصبية.

واغلب مستقبلات التنبيه في اجسامنا مزودة بصفة رابعة وهي قدرتها على الملاءمة (Adapting) السريعة للمنبة. وعند حدوث المنبه اولا، يبدأ المستقبل العديد من النبضات في الخلايا العصبية الحسية التي يتصل بها. وبالتعرض الثابت للمنبة، على اية حال، فان معدل بدء النبضات يقل ثم بالتدريج يتوقف كلية. وقد شرحنا مثالا واحدا لمثل هذه التكيفات الحسية في مناقشتنا لحوصلة باسينيان. ولعلك تسأل عما إذا كانت الملاءمة تحدث في الرؤية وهي تحدث بالفعل، من خلال حركات طفيفة ومستمرة ولا إرادية من أعيننا، فاننا نحول موقع الصورة على الشبكية في اعيننا وبذلك نستمر في مشاهدة المنظر حتى ولو لم يحدث تغيير فيه. وفقط فانه يبدو ان مستقبلات الانفراد (اي الامتداد Stretch) كتلك الموجودة في عضلاتنا واوتارنا وفي جدر الاورطة والشرايين السباتية تتكيف قليلا للتنبيه المستمر.

وتكتشف بعض مستقبلات التنبيه المنبهات الناشئة من داخل الجسم. وغالبا، ولكن ليس دائما، فالنبضات العصبية المتولدة منها لاتصنع بدراية (وعى) في المخ. وتكتشف مستقبلات اخرى المنبهات في البيئة الخارجية وعموما، تسبب تلك المنبهات احساسات واعية. ومن الاهمية بمكان ان نتحقق ان الاحساسات (الشعور) توجد فقط في المخ وليس في العضو الذي يكتشف هذا المنبه. وترسل جميع اشكال مستقبلات التنبيه نفس الرسالة إلى المخ: نبضات كيميائية كهربائية في الخلايا العصبية الحسية. انه هو المخ الذي يحدد المعاني لتلك النبضات. ولاتزال المنبهات تكتشف ولا تزال كذلك ترسل النبضات العصبية إلى الجهاز العصبي المركزي، لكن لايستطيع المخ تحديد اي تفسير لتلك النبضات وعلى ذلك لا يحدث الاحساس. ومن جهة اخرى، قد يستمر الشخص الذي بترت ساقه في الشعور بالالم (شبح ألم Phantom Pain) في الرجل المبتورة. وفي مثل هذه الحالة، تستمر بقايا (اثار) الخلايا العصبية الحسية في بقية العضو المقطوع (الرجل المبتورة) في ارسال النبضات إلى المخ. فالمخ وحده هو الذي يترجم هذه النبضات ليدل على وجود الالم في التركيب الذي يعتبر غائبا الآن.

واكتشاف التغييرات في البيئات الخارجية والداخلية هو الخطوة الاولى والتي يمكن بها التوصل إلى الاستجابة والتوافق العصبيين. وتشمل الخطوة التالية وصول النبضات العصبية من جزء إلى اخر في الجسم. والعمليات التشريحية والفسيولوجية والتي بها تدور النبضات العصبية خلال الجسم هي موضوع الباب التالي.

تمارين ومسائل: EXERCISES AND PROBLEMS

١ ــ عند محاولة رؤية نجم باهت اثناء الليل، فان من المفيد ان تنظر قليلا بعيدا عن النقطة التي يوجد بها النجم. هل يمكنك التفكير في شرح ذلك؟

٢ ــ ما هي مستقبلاتنا الحسية التي تكتشف الحوادث الجارية خارج اجسامنا؟

٣ ــ ما هو المنبــه ؟

٤ ــ لماذا لانهتم باستمرار بلمس او ضغط ملابسنا؟

٥ ــ ماهي الوظيفة الشائعة (المشتركة) لكل مستقبلاتنا الحسية؟

٦ ــ ماهي الاشياء التي تتشابه فيها العين المركبة وعين الانسان في الوظيفة ؟ وما هي الاشياء التي يختلفان فيها؟

المراجع: REFERENCES

1. STEVENS, C. F., "The Neuron", Scientific American, Offprint No. 1437, September, 1979.
2. MORELL, P., and W. T. NORTON, "Myelin", Scientific American, Offprint No. 1469, May, 1980.
3. KEYNES, R. D.,"Ion Channels in the Nerve - Cell Membrane", Scientific American, Offprint No. 1423, March, 1979. Considefs the part they play in the propagation of action potentials.
4. LOWENSTEIN, W. R., "Biological Transducers", Scientific American, Offprint No. 70, August, 1960. Shows how sense receptors convert environmental stimuli into nerve impulses, with special emphasis on the Pacinian corpuscles.
5. FRIEDMANN, I., "The Mammalian Ear", Oxford Biology Readers, No. 73, Oxford University Press, Oxford, 1976.
6. PARKER, D. E., "The Vestibular Apparatus", Scientific American, Offprint No. 1484. November, 1980. How the inner ear helps maintain balance and orientation.
7. ROEDER, K. D., "Moths and Ultrasound", Scientific American, Offprint No.

1009, April, 1965. Describes how certain moths are able to detect and respond to the sonar signals of the bats that prey on them.

8. HORRIDGE, G. A., "The Compound Eye of Insects", Scientific American, Offprint No. 1364, July, 1977.
9. WEALE, R. A., "The Vertebrate Eye", Oxford Biology Readers, No. 71, Oxford University Press, Oxford, 1974.
10. RUSHTON, W. A H., "Visual Pigments and Color Blindness", Scientific America, Offprint No. 1317, March, 1975. Each type of color blindness results from the loss of or an abnormality in one of the three cone pigments.
11. NEWMAN, E. A., and P. H. HARTLINE, "The Infrared Vision of Snakes", Scientific American, March, 1982.
12. HELLER, H. C., L. I. CRANSHAW, and H. T. HAMMEL, "The Thermostat of Vertebrate Animals, "Scientific American, Offprint No. 1398, August 1978.
13. SCHNEIDER, D., "The Sex - Attractant Receptors of Moths", Scientific American, Offprint No.1299, July, 1974. One molecule of attractant is sufficient to trigger a nerve impulse in the neuron attatched to the receptor.

CHAPTER 29 الباب التاسع والعشرون

THE NERVOUS SYSTEM الجهاز العصبي

THE CENTRAL NERVOUS SYSTEM — الجهاز العصبي المركزي:

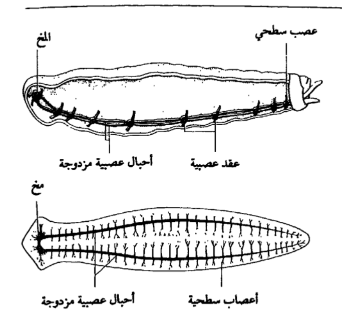
THE SPINAL CORD	٢٩-١ . الحبل الشوكى:
THE BRAIN	٢٩-٢ . المخ:
THE HIND BRAIN	٢٩-٣ . المخ خلفى
THE MIDBRAIN	٢٩-٤ . المخ الاوسط
THE FOREBRAIN	٢٩-٥ . المخ الأمامى:
THE PROCESSING OF VISUAL INFORMATION	٢٩-٦ . تحليل المعلومات البصرية
THE PERIPHERAL NERVOUS SYSTEM	الجهاز العصبي السطحى
THE SENSORY - SOMATIC SYSTEM	٢٩-٧ . الجهاز الحسى - الجسمى
THE AUTOMATIC NERVOUS SYSTEM	٢٩-٨ . الجهاز العصبي الذاتي
THE SYMPATHETIC NERVOUS SYSTEM	٢٩-٩ . الجهاز العصبي السيمبثاوي
THE PARASYMPATHETIC NERVOUS SYSTEM	٢٩-١٠ . الجهاز العصبي الباراسيمبثاوي
DRUGS AND THE NERVOUS SYSTEM	٢٩-١١ . العقاقير والجهاز العصبي:
1- STIMULANTS	١ــ العقاقير المنبهة
2- DEPRESSANTS	٢ــ العقاقير المهدئة

الباب التاسع والعشرون

الجهاز العصبي

في معظم الحيوانات يمكن للمرء أن يميز قسمين رئيسيين للجهاز العصبي . ويتكون الجهاز العصبي المركزي (Central Nervous System) ذو الأشكال المختلفة كما في البلاناريانات، دودة الأرض، النطاط من كتل من أجسام الخلايا والعقد العصبية، وعموماً توجد العقد في أجزاء من الجسم حيث تستقبل كميات لا بأس بها من المعلومات (مثل الرأس) أو حيث الحاجة إلى التحكم الدقيق في العضلات (مثل تلك الموجودة قرب أجزاء الفم). وتتصل العقد مع بعضها البعض بواحد أو أكثر من الأحبال العصبية التي تتكون أساساً من محاور (ألياف) (أكسونات Axons) خلايا عصبية بينية أو رابطة (Interneurons) ، (الشكل ٢٩-١)، و تجرى أعصاب حسية وموصلة إلى ومن العقد. وتتجمع تلك الأعصاب في حزم على هيئة كابلات (Cables) عصبية لتكون الجهاز العصبي السطحى (Peripheral Nervous System) . ولأن أغلب الأعصاب (Nerves) تحتوي على كلا الأليـاف (Axons) الحسية والموصلة فهي لذلك تسمى بالأعصاب المختلطة (Mixed Nerves).

ويقوم الجهاز العصبي السطحى بإخبار الجهاز العصبي المركزي عن المنبهات التي تم اكتشافها ويتسبب في استجابة العضلات والغدد لتلك المنبهات، ويعمل الجهاز العصبي المركزي كمركز توافق للعمليات التي تحدث. ومن كل ما ذكرنا، يجب أن يكون واضحاً أنه لا يمكن لكل من الجهاز العصبي المركزي أو الجهاز العصبي السطحي أن يعمل مستقلاً عن الآخر. وعلى أية حال، فبالتعامل مع كائن معقد كالإنسان يمكننا أن نتفهم الصفات الخاصة لكل جهاز إذا ما قمنا بدراسة كل منهما على انفراد.



الشكـل ٢٩-١. الجهـاز العصبي في النـطاط (فـوق) والبلاناريان (أسفل)

الجهاز العصبي المركزي THE CENTRAL NERVOUS SYSTEM

يتكون جهازنا العصبي المركزي من الحبل الشوكي والمخ.

٢٩-١. الحبل الشوكي THE SPINAL CORD

الحبل الشوكي هو حبل أبيض لامع يسير من قاعدة المخ الى أسفل خلال الفقرات العظمية الظهرية. ويظهر القطاع العرضي للحبل الشوكي أن المنطقة الخارجية فقط، المادة البيضاء (White matter) للحبل، هي المنطقة البيضاء والمنطقة الداخلية هي المادة السنجـابية أو الـرماديـة "gray matter" وتجري رأسياً خلال المادة السنجابية قناة مركـزية مملوءة بمادة مخية - حبل شوكية (Cerebrospinal) كما تتصل القناة بفراغات (بطينات ventricles) في المخ والمملوءة أيضا بنفس السائل.

وتتكون المادة البيضاء أساساً من ألياف عصبية طويلة (Myelinated) تجري لأعلى ولأسفل في الحبل الشوكي. وتزدحم المادة السنجابية بأجسام الخلايا العصبية البينية (الرابطة) والموصلة.

وعلى مسافات متساوية على طول كل جانب من جانبي الحبل الشوكي يوجد ٣١ زوج من الـبروزات هي جذور (Roots) الأعصـاب، تتحـد تلك الجـذور مباشرة لتكون

الأعصاب المختلطة للجهاز العصبي السطحى. وتمر جميع الخلايا العصبية الحسية التي تصل الى الحبل الشوكي في عصب مختلط بداخل جذر ظهري (علوي) ثم الى المادة السنجابية للحبل الشوكي نفسه. وتقع أجسام تلك الخلايا العصبية الحسية في عقد عصبية في الجذور العلوية (الظهرية) (أنظر الشكل ٢٨-١). وتمر جميع خلايانا العصبية الموصلة والتي تنشأ في الحبل الشوكي للخارج خلال جذور سفلية (بطنية) قبل اتحادها مع الأعصاب الحسية لتكون الأعصاب المختلفة.

ويمكن توضيح فصل الأعصاب الحسية عن الأعصاب الموصلة في الجذور بسهولة عند قطعها بدون قصد أو عند تلفها. ويسبب اتلاف الجذور الظهرية فقدا في الأحساس في هذا الجزء من الجسم والذي كان يزود الجذور التالفة بالنبضات العصبية. ويسبب اتلاف الجذور البطنية (السفلية) من جهة أخرى، شللا عضليا في هذا الجزء من الجسم والذي يزود بالخلايا العصبية الموصلة التي تجرى خلال تلك الجذور. وللحصول على شلل أو تخدير جوهري، لابد من قطع عدة جذور مجاورة وذلك بسبب وجود تداخل كبير في الوظيفة بين الأعصاب المختلطة التي تكونها تلك الجذور.

ويقوم الحبل الشوكي بوظيفتين في التوافق العصبي. أولا، يوصل الجهاز العصبي السطحى بالمخ، حيث أن المعلومات التي تصل الى الحبل الشوكى عن طريق الخلايا العصبية الحسية قد تنتقل لأعلى الحبل بواسطة الخلايا العصبية البينية (الرابطة) وتقارن تلك المعلومات في المخ الذي يتخذ الفعل المناسب، وتسير النبضات الخارجة من المخ إلى أسفل ذاهبة الى الحبل الشوكي عن طريق خلايا عصبية بينية أخرى ثم تترك الحبل الشوكي في الخلايا العصبية الموصلة.

ولا تكون الخلايا العصبية البينية الكثيرة التي تحمل النبضات من مستقبلات خاصة أو الى مؤثرات خاصة مرتبة ترتيبا عشوائيا في الحبل الشوكي بل بدلا من ذلك، فانها تكون مجمعة سويا في طرق أو ممرات (Tracts) وكل من النبضات الاتية من مستقبلات اللمس ومستقبلات الحرارة (Proprioreceptors) وغيرها تمر الى أعلى الحبل الشوكي في ممراتها (طرقها) الخاصة، وكذلك النبضات المارة الى أسفل الحبل الشوكي الى الخلايا العصبية الموصلة تمر في مسارات خاصة. والعجيب في الأمر، أن

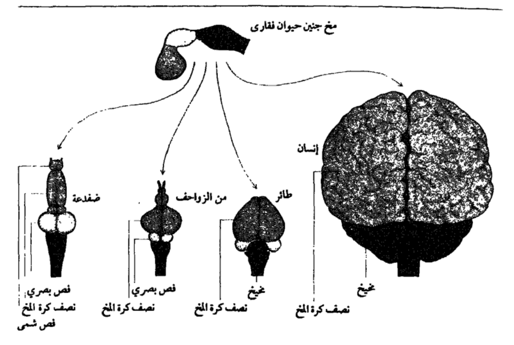
النبضات التي تصل الى الحبل الشوكي من الجهة اليسرى للجسم تمر بالتالي الى مسارات تسير لأعلى الى الجهة اليمني من المخ ، والعكس بالعكس . وفي بعض الحالات يحدث هذا العبور Crossing over) بمجرد دخول النبضات الى الحبل الشوكي ، في حالات أخرى لايحدث هذا العبور الا بعد دخول المسارات بالفعل الى المخ .

والوظيفة الثانية للحبل الشوكي هي العمل كمركز توافق صغير، اذ يمكن للنبضات المنعكسة ، مثل السحب المنعكس، أن يحدث خلال الفعل الوحيد للحبل الشوكي . ولا يحتاج المخ استلام أو بدء أي نبضات عصبية لحدوث الفعل بنجاح . ولو أنه يمكن أداء بعض التوافق البسيط فقط عن طريق الحبل الشوكي بمفردة ، فان أفعال الحبل الشوكي لهي أكثر تعقيداً عما كنا نعتقد . وحتى لأجل استجابة بسيطة مثل السحب المنعكس (Withdrawl Reflex) لابد من تنبيه الكثير من الخلايا العصبية الموصلة في الوقت المناسب بينما يحدث تثبيط خلايا عصبية موصلة اخرى .

المخ : THE BRAIN

فهمنا لنشاط المخ أقل من فهمنا لنشاط الحبل الشوكي . وأساساً ، يستقبل المخ (Cerebrum) النبضات العصبية من الحبل الشوكي ومن أعصاب في الجمجمة تذهب مباشرة الى المخ من العينين، الأذن الداخلية ، وغيرها . والعملية التنظيمية هي المفتاح لعمل المخ : الأحساس الواعى ، الذاكرة ، ارتباط منبه مع منبه آخر أو مع ذاكرة ، الأداء المتوافق للجسم اللازم للأستجابة السليمة كل ذلك يعتمد على الدوائر التي تتخذها النبضات بداخل المخ . علاوة على ذلك فان بدء النبضات المطلوب ارسالها الى الخلايا العصبية الموصلة للجسم لا يعتمد بالضرورة على النبضات الحسية التي تصل الى المخ . ومن الواضح تماما أنه يمكن لمخ الأنسان بدء استجابات الجسم ببساطة كنتيجة لنشاط موجود بداخل الجسم نفسه . والمثال على ذلك هو الفعل الذي يتخذ نتيجة لتذكر شيء فجأة ، والدليل يجعلنا نقترح أن مخ الأنسان فريد في هذا الشيء . ودودة الأرض والنطاط والضفدعة ، على سبيل المثال ، تبدو أنها اكثر اعتمادا على منبهات خاصة لبدء استجاباتها لتلك المنبهات . ونحن نقول أن المخلوقات اكثر في سيادتها على احساساتها .

ويتكون مخ الأنسان من نصف كرتين كبيرتين (الشكل ٢٩-٢) . وبسبب عبور مسارات الحبل الشوكي ، فان النصف الكروى الأيسر للمخ يتحكم في الجانب الأيمن

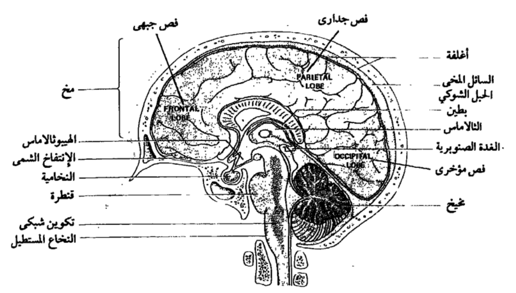


الشكل ٢٩-٢. المخ الناشيء في جنين حيوان فقارى يتكون من ثلاثة فصوص. وينشأ من تلك الفصـوص تراكيب المـخ الأمامى (اللون الفاتح)، المخ الأوسط (الرمادى)، المخ الخلفى (اللون الغامق). ويشاهد مخ الانسان من الخلف حتى يمكن رؤية المخيخ.

للجسم والعكس بالعكس. ويغـطى كل من المـخ والحبـل الشـوكي بثـلاثة أغشية للحماية، والتي تسمى (Meninges) (الشكل ٢٩-٣). ويوجد السائل المخى - الحبل شوكي بين الغشائين الداخليين ويساعد هذا السائل على حماية (أو يعمل كالمخدة) المخ من الضربات التي تقع فوق الجمجمة. ويوجد بداخل المخ أربعة غرف، هي البطينات (Ventricles) الممتلئة أيضا بالسائل المخى - الحبل الشوكي. وتوجد تجمعات كبيرة (Beds) من الشعيرات الدموية بداخل اثنين من البطينات الأربع للسماح بتبادل المواد بين الـدم والسـائـل المخى - الحبل الشوكي. والخلايا المبطنة لتلك البطينات ذات أهداب وتحافظ على دوران السائل المخى - الحبل شوكى.

ويمتد من المخ ١٢ زوج من الأعصاب الجمجمية، كلها ليست أعصابا مختلطة اذ أن الأعصاب البصرية والأعصاب الشمية، على سبيل المثال، تحتوي على خلايا عصبية حسية فقط.

وينقسم المخ الى ثلاثة مناطق: المخ الأمامى، المخ الأوسط، المخ الخلفى. والمناطق الثلاثة لاتظهر مباشرة في مخ الأنسان البالغ، اذ أن كل منطقة في حد ذاتها، مكونة من



الشكل ٢٩-٣. مخ الانسان - مقطوع بالطول بين نصفى المخ الكرويين.

عدة أجزاء أو فصوص (Lobes).وعلى أية حال، يكون شكل المخ واضحا، أثناء نموه في الجنين. ويتركب مخ جميع الحيوانات الفقارية من هذا المخطط الأساسى (الشكل ٢٩-٢).

٢٩-٣. المخ الخلفـي: THE HINDBRAIN

الجـزءان الـرئيسيان للمـخ الخلفى هما النخـاع المستطيل (Medulla oblongata) والمخيخ (Cerebellum).ويأخذ النخاع المستطيل ببساطة مظهر الطرف المنتفخ للحبل الشـوكي، ولـو أنـه صغـير في الحجم، الا أنه ضروري للغالية للحياة. فالنبضات العصبية التي تنبه العضلات بين العضلية و الحجاب الحاجز وبذلك تسمح بالتنفس، تنشأ في النخاع المستطيل. والأعصاب المنظمة لدقات القلب، وقطر الشرايين ووظائف أخرى هامة، تنشأ كذلك في النخاع المستطيل. ولا يكون مستغربا اذا علمنا أنه ينتج عن تلف النخـاع المسـتطيل الموت الفورى وليس لدينا التحكم الواعى المباشر على وظـائف النخـاع المستطيل ولو أنه يمكننا أن نحور وظيفتة بعض الشيء عن طريق استخدام مراكز مخية أخرى.

ويتكون المخيخ من نصفي كرة ملتفان بعمق، يبدو أن أهم وظيفة له هي توافق

النشاط الحركى في الجسم، يبدأ مثل هذا النشاط بنبضات ناشئة في المنطقة الموصلة (Motor) للمخ الأمامى. ولا تسافر هذه النبضات الى أسفل النخاع الشوكى لتذهب الى الخلايا العصبية الموصلة فقط، بل تمر أيضا في المخيخ. وعند القيام بعمل الجسم، ترسل كذلك نبضات عصبية آتية من المستقبلات الحرارية (Propriorecep-tors) الأعين، القنوات النصف دائرية وغيرها، الى المخيخ. وربما بطريقة ما يقارن المخيخ هذه المعلومات والتي يقوم بأدائها الجسم بالفعل بما يمليه المخ الأمامي على الجسم بالقيام به ويرسل اشارات معدلة التي يحتاج اليها الجسم. وربما يفسر دور المخيخ في الحركة، التوجيه، التوازن، سبب كبر حجم المخيخ النسبي في الطيور (الشكل ٢٩-٢)، اذ لابد للطيور من القدرة على التحرك في الجو (الفضاء) بسرعة وبدقة في ثلاثة أبعاد بينما نحن وحيوانات أرضية أخرى نقضى معظم حياتنا بحرية على أسطح مسطحة تقريبا.

٢٩-٤. المخ الأوسط THE MIDBRAIN

ان المخ الأوسط في الأنسان صغير نسبيا وغير ظاهر، وهو يربط النبضات العصبية بين المخ الأمامى والمخ الخلفى وبين المخ الأمامى والأعين، كما يشارك كذلك في الحفاظ على التوازن. وفي بعض الفقاريات الأخرى يكون المخ الأوسط كبير نسبيا. والفصوص البصرية الواضحة في الأسماك، البرمائيات، الزواحف والطيور هي جزء من المخ الأوسط (الشكل ٢٩-٢).

وتسير لأعلى خلال مركز النخاع المستطيل والمخ الأوسط شبكة من الألياف العصبية تعرف باسم التكوين الشبكى (Reticular formation) والتي تستخدم في تنشيط أو ايقاظ المخ الأمامى. وتؤدى المسارات الحسية للحبل الشوكى الى المخ الأمامى وللتكوين الشبكى. كما يمكنك أن تخمن من تجاربك الخاصة، فان التكوين الشبكى اختياري (انتخابي) في عملة، اذ ربما لا يمكنه ايقاظ (تحريك) المخ الأمامي في حالة كبرة، ولكنه يستلم المنبهات المضادة (مثل أصوات وسائل المواصلات)، قد تسبب فرقعة لوح أرضى، من جهة أخرى، الأيقاظ الفورى. وينتج عن تلف التكوين الشبكى اغماءة دائمة بطبيعة الحال والموت.

المخ الأمامى THE FOREBRAIN

يتكون المخ الأمامى من نصفين كرويين كبيرين ملتفين بعمق، وكل من هذين النصفين مقسم الى أربعة فصوص: الجبهى (Frontal) والجدارى (Parietal) والمؤخرى (Occipital) والصدغى (Temporal) (الشكل ٢٩-٣). وفي غالبية الفقاريات الأخرى (مثل الضفدعة) توجد فصوص شمية كبيرة موجودة كنموات خارجية من المخ (الشكل ٢٩-٣) ولكن هذا الجزء الأخير في مخ الأنسان صغير نسبيا. ويحتوي المخ الأمامى كذلك على الثالاماس وفوق الثالاماس (الهيبوثالاماس) وجزء من الغدة النخامية، والغدة الصنوبرية (Pineal gland).

ولا يوجد بكل تأكيد جزء أخر في الجسم يفصل الأنسان عن باقي الفقاريات مثل المخ. ويبلغ حجم نصفى المخ في المتوسط نحو ١٣٥٠ ملليلتر في الأنسان، بينما يمتلك القليل من الثدييات الكبيرة مثل الحيتان حجما اكبر من ذلك. ونسبة حجم المخ الى باقي الجهاز العصبي المركزي اكبر بكثير في الانسان عنه في أي حيوان فقاري أخر.

ونحن والثدييات الأخرى نمتلك صفة هامة أخرى في نظام المخ. فالجزء الخارجي للمخ، وهو القشرة (Cortex) يتكون من المادة السنجابية وهي كتل من أجسام الخلايا. والألياف العصبية المغلفة والتي تتكون منها المادة البيضاء وتوجد بداخل نصفى كرتي المخ. وهذا، اذا أعدت التفكير، هو عكس نظام الحبل الشوكى وهو كذلك عكس نظام المخ في الحيوانات الفقارية الاخرى. وسطح مخ الضفدعة لامع وأبيض مثل باقي كل الجهاز العصبي المركزي.

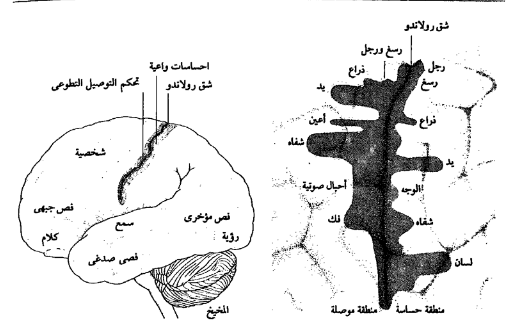
والأهمية في هذا النظام المعكوس سببها المساحة السطحية الأكبر لأيواء أجسام الخلايا. وتعتمد الخواص الغير عادية للمخ في الأنسان بكل تأكيد على العدد الهائل (اكثر من عشرة بلايين) من الخلايا العصبية الموجودة في قشرة المخ والعدد الكبير الذي لا يمكن تصورة (١٠^١٤؟) من الأتصالات المحتملة التي يمكن أن تحدث بين تلك الخلايا. وتهيء الألتفافات العميقة لقشرة المخ مساحة سطحية اضافية لتشغلها أجسام تلك الخلايا.

وأقل من ١٪ من الخلايا العصبية في المخ ترسل أليافا عصبية خارج هذا المخ الى

أجزاء أخرى منه. فماذا يمكن اذن لهذه الأعداد الهائلة من الخلايا العصبية الموجودة داخل المخ أن تقوم به؟ اليوم، يمكننا أن نفعل أكثر قليلا من مجرد التخمين اذ أننا نعرف أن الكثير من الأنشطة الكهربائية تحدث في المخ وعن طريق استخدام جهاز رسم المخ (Electroencephalograph) وهـو جهاز يكتشف ويسجل أمواج المخ، يمكن معرفة التغيرات التي تحدث في الأنشطة الكهربائية أثناء النوم، اليقظة، الهيجان، الخ. ولقد استخدم هذا الجهاز بنجاح حتى في تشخيص اضطرابات المخ مثل نوبات الصرع. وبالرغم من النجاح المحدود لهذه الطريقة، فما زلنا عمليا لانعرف شيئا عن الأنشطة الداخلية للمخ.

ولو أن تفاصيل الأنشطة الكهربائية للمخ غير مفهومة بوضوح، فقد تم اكتشاف بعض الـوظـائف العـامـة للمـخ. وكـانت تلك الأكتشافات نتيجة ثلاثة أنواع من الـدراسات. الأولى كانت باتلاف جزء من المخ وملاحظة مايحدث للضحية. وبينما كانت هذه العملية تجرى بنجاح على حيوانات المعمل (مع اتخاذ جميع الأحتياطيات التي يمكن أن ينالها المريض الادمى) كان من الواضح الخطورة في اجراء مثل تلك العمليات في الأنسان.وعلى أية حال، فان كثيرا من حالات تلف المخ نتيجة أذى (ضرر) أو عدوى تمت دراستها في الأنسان ونسبت الى أعراض معينة.

والعملية الثانية هي كشف المخ ثم تنبيه أجزاء دقيقة منه بالأكترودات ولو أن هذه الطريقة محدودة الأستخدام في حيوانات المعمل فقط، الا أن كثيرا من الأفراد الادميين الذين تجري لهم عمليات جراحة في المخ قد تطوعوا للقيام بمثل تلك التجارب عليهم بينـما تكـون أمخاخهم مكشوفة. ولا تسبب تلك العملية أية آلام للمريض، عندما لايكون المريض تحت تأثير المخدر فأنه يمكنه أن يسجل احساساته للذي يقوم باجراء التجربة. ولقد أمدنا هذا النوع من التجارب برؤية داخلية كبيرة في وظائف المخ. وعلى سبيل المثـال، أثبتت مثل تلك التجارب وجود شريـط من القشـــرة (Cortex) يسير موازيا لشق رولانـدو (Rolando) وأمـامـه (الشكل ٢٩-٤) والذي يتحكم في عمل العضلات الهيكلية للجسم. وينتج عن مناطق منفصلة بداخل هذا الشريط انقباض العضلات التي تتحكم فيها تلك المنطقة. وكلما زادت المنطقة المشتركة من القشرة في هذا التنبيه، كلما زاد تزويد هذا الجزء من الجسم الذي تتحكم فيه المنطقة المذكورة من القشرة بالخلايا العصبية الموصلة.



الشكل ٢٩-٤ . وظائف المخ في الانسان. المناطق الحسية والموصلة المجاورة لشق رولاندو تشاهد بالتفاصيل في الرسم الأيمن. والجانب الأيسر للمخ (والذي يرى هنا) يهتم بالجانب الأيمن للجسم، والعكس بالعكس.

ولقد تم اكتشاف منطقة في شريط مواز من القشرة خلف شق رولاندو وتختص هذه المنطقة بالأحاسيس (الشعور) من مختلف أجزاء الجسم. وعند تنبيه بقع منعزلة من هذا الشريط كهربائيا، يسجل المريض احساسا في بعض تلك المناطق المعينة من الجسم، بذلك يمكن اعداد خريطة طبقا لمثل تلك التسجيلات (أو التقارير) (الشكل ٢٩-٤).

و عنـد تنبيـه منـاطق من الفص المؤخـرى (Occipital lobe) كهـربائيا، يسجل المريض الأحساس بالضوء. وليست تلك المنطقة من هذا الفص ضرورية فقط للفعل الأولى للرؤية، لكن بعض المنـاطق الموجودة بداخل هذا الفص ضرورية للمشاركة المطلوب اتخاذها مع الشيء المرئي. وأي ضرر لتلك المناطق لا يتسبب عنه عدم قدرة الشخص في رؤية الأشياء جيدا ولكن يتسبب في عدم قدرتة على ربط تلك الأشياء المرئية بالتجارب السابقة - وهي التعرف عليها. ويعرف مثل هذا الخلل باسم أفاسيا (Aphasia)، وتوجد مراكز السمع وفهم ما نسمع في الفصوص الصدغية.

وظهرت حديثا الطريقة الثالثة لدراسة وظيفة المخ. وللمخ شهية شرهة للجلوكوز

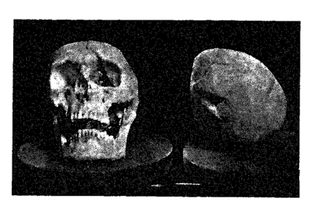
والأوكسجين ولو أن المخ يمثل فقط ٢٪ من وزن الجسم، الا أن تنفسه يستهلك ٢٠٪ من الأوكسجين الذي يدخل الجسم وقت الراحة. وعند تزويد المخ بمشتق للجلوكوز يسمى ديو كسيجلوكوز Deoxyglucose ، تنخدع الخلايا المتنفسة وتاخذ المادة المذكورة بداخلها وتحولها إلى (Glycolysis) (انظر إلى مشتقها الفوسفوري في أول خطوة من عملية الجلكزة الشكل ٧-٥). وعلى أية حال، لايحدث لتلك المادة تكسير اكثر من ذلك، لذلك فهي تتجمع في الخلايا. وكلما زاد نشاط الخلايا، كلما زاد الديوكسيجلوكوز المتجمع فيها. وبتجميع ايزوتوب مشع قصير العمر مع الديوكسيجلوكوز واستخدام جهاز "A PET scanner" فمن الممكن رؤية تلك المناطق التي تتنفس بشراهة في المخ. وعند، على سبيل المثال، سؤال أشخاص كي يفتحوا أعينهم لرؤية أحد المناظر، تزداد كمية النشاط المشع بكمية محسوسة في مناطق الرؤية الموجودة في فصوص الجزء المؤخرى من المخ (الشكل ٢٩-٥). ومثل ذلك، تزيد الأصوات من التمثيل الحيوى لمناطق الكلام في الفصوص الصدغية، كما يزيد دعك جلد الشخص من معدل تناول الديوكسيجلوكوز في المناطق الحسية - الجسمية للمخ.

الشكل ٢٩-٥. تغير نشاط التمثيل الحيوى لمخ شخص يستقبل منبهات بصرية. المناطق الغامقة هي مناطق ذات نشاط أيضي مرتفع. لاحظ كيف أن الأيض في القشرة البصرية (الأسهم) يزداد عند ازدياد المنبهات المستقبلة. تم أخذ الصور في "PET" - Scanner (Positron emission tomography) عند ثلاث مستويات مختلفة في المخ (بتصريح من ميشيل ى. فيلبس، عن مجلة العلوم Science ٢١١-، ١٤٤٥، ١٩٨١).

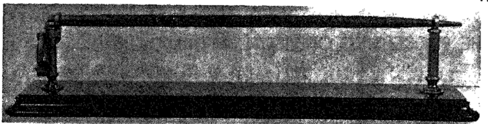
ولو أن القليل من الوظائف الأخرى نسبت الى مناطق خاصة من القشرة (Cortex) فان وظيفة مناطق كبيرة من القشرة مازالت باقية بدون معرفة. وممارسة هذه المناطق الساكنة "Silent" فشلت في الأفصاح عن أي نشاط معين. وهذا حقيقي وخاصة بالنسبة الى الفصوص الجبهية الكبيرة. وربما تكون تلك المناطق الكبيرة مسئولة عن نقل بعض من أنشطتنا العقلية الأرقى "Higher". فالتعلم، الذاكرة، التحليل المنطقى، بعد النظر، الخلق أو الأبداع وبعض الأحساسات، قد تعتمد جميعها على الأنشطة العصبية للفصوص الجبهية ومناطق سكون أخرى. ولابد من أن يكون هذا الأعتماد عموميا، ولو أنه، لم ينجح أحد حتى الآن في نسب أي من تلك الأنشطة العقلية لأي بقعة معينة في القشرة. وربما يمكن لهذا العدد الهائل من الخلايا العصبية المشتركة في تلك الأنشطة من أن تمكن هذه المناطق الساكنة من القيام بوظيفة بعض مناطق أخرى يكون قد أصابها التلف.

وقد ينتج تلف الفصوص الجبهية تغيرات في سلوك الأنسان. وقد أمكن الحصول على الدليل الذي يثبت ذلك في عام ١٨٤٨م عندما فجر بالصدفة فينياس جيج (Phineas P. Gage) رئيس مجموعة العمال الذين كانوا يحفرون الصخور لسكة حديد روتلاند وبيرلنجتون (Rutland and Burlington) في ولاية فيرمونت (Vermont) بالولايات المتحدة الأمريكية، بعضا من بودرة التفجير باللعب عليها بقضيب معدني. وتسبب الأنفجار في غرس القضيب داخل الجزء الأمامى لرأسة مما تسبب عنه تلف فصوصة الجبهية. وبأعجوبة، عاش بعد الحادث. وعلاوة على ذلك، لم يفقد أي شيء من وظائف مخة المعروفة والواضحة، فلم يضار أي من بصرة، سمعة، أحاسيسه الأخرى، قدرتة على الكلام، توافق جسمة. وبالرغم من ذلك، لوحظ بعد ذلك بقليل تغير ملحوظ في شخصيته. فسابقا كان فينياس جيج شخصا عاقلا، رزينا، حساسا، ثم أصبح عديم التفكير، غير مسئول، متقلبا وعنيدا، ومنتهكا للحرمات. وباختصار، فان بعض الصفات الأنسانية الخاصة التي يصعب قياسها، قد تغيرت كلية بسبب هذا الحادث.

وفي عام ١٩٣٥م، بعد موت فينياس جيج بأربعة وسبعين (٧٤) عاما (توجد جمجمتة الان في متحف كلية طب جامعة هارفارد - وبجوارها القضيب المعدني الشكل ٢٩-٦)، تعلمنا أن تلف الفصوص الجبهية تخفف وطأة أشكال المرض العقلي. وربما



الشكل ٢٩-٦. أعلى: جمجمة فينياس جيج لأظهار مكان دخول القضيب المعدني (يسار) وخروجة (يمين) في حادثة وقعت قبل وفاتة بمدة ١٢ سنة لأسباب طبيعية في عام ١٨٦١م. أسفل: القضيب الحديدي (بتصريح من متحف وارن للتشريح، مدرسة الطب بجامعة هارفارد).



كان سبب تلك الأرتباكات العقلية زيادة القلق ، الشعور بالذنب وغيرها، بذلك ساعدها تلف الفصوص الجبهية . وفي العملية ، المساه (Prefrontal lobotomy) لم تتلف الفصوص في الحقيقة ولكنها بدلا من ذلك أصيبت بشدة الألياف العصبية التي توصل الفصوص الجبهية بالثالاماس.

واليوم ، تجري تلك العملية ولكن ليست بكثرة، وذلك لسبب واحد، هو أن كثيرا من الصفات الأنسانية تفقد بدون معنى نتيجة لتلك العملية. وعلاوة على ذلك، فان اختراع العقاقير المهدئة مكنت الأطباء من الحصول على نفس التحسن بطريقة أقل خطورة.

ولا تكتمل مناقشتنا للمخ الأمامي بدون ذكر الثالاماس والهيبوثالاماس (الشكل ٢٩-٣). والثالاماس هي حارس البوابة لقشرة المخ. فجميع الرسائل الحسية التي تصل الى المخ لابد من مرورها خلال الثالاماس كي يتم الأحساس بها بادراك.

ولقد ناقشنا بالفعل بعضا من الوظائف الهامة التي تقوم بها الهيبوثالاماس اذ أنه علاوة على مراقبة وتنظيم الحرارة والمحتويات المائية للدم، فالهيبوثالاماس هي مركز التوافق للعديد من أنشطة أعضائنا الداخلية. وفي حيوانات أخرى، وربما في الأنسان، فان

الهيبوثالاماس هي مركز احساسات مثل العطش، الجوع، الشراهة، النزعة الجنسية والهيجان. وليس للهيبوثالاماس نشاط عصبي فقط، ولكنها أيضا، كما سنري تنتج هورمونات. اثنـان من تلك الهورمونـات هما (أوكسيتوسين، ADH) يخزنان في الفص الخلفى للغـدة النخـامية قبل افرازهما في مجرى الدم، وانزيمات أخرى (الهورمونات المفرزة - "Releasing" hormones انظر قسم ٢٧-١٠) تمر الى الفص الأمامى للغدة النخامية في عروق تصب فيها الهيبوثالاماس، وهناك تنبه تلك الهورمونات افراز الفص الأمامى لهورموناته نفسها (مثل، LH, TSH).

٢٩-٦. تحليل المعلومات البصرية
THE PROCESSING OF VISUAL INFORMATION

في جميع الوجوه، يبقى مخ الأنسان صندوق أسود (Black box) ونحن نعرف بعضا مما يجري بداخله وما يخرج منه، ولكننا نعرف القليل جدا مما يحدث بالفعل بداخلة. ونحن نعرف أن المخ يتكون من خلايا عصبية كثيرة متصلة ببعضها البعض، نعرف أيضا أن الخلايا العصبية يمكنهـا أن تشتعل (Fire) أم لا. ولا تساعد هذه الصفات ولكنها تذكرنا بنظام الحاسب الالى (الكمبيوتر) : عشرات الالاف من الدوائر المتصلة والتي، في أي لحظة، اما تفتح أو تقفل ولكن ماذا يفعل المخ بالضبط فيما يصلة من النبضات الحسية؟ وكيف يقوم المخ بتحليل المعلومات؟

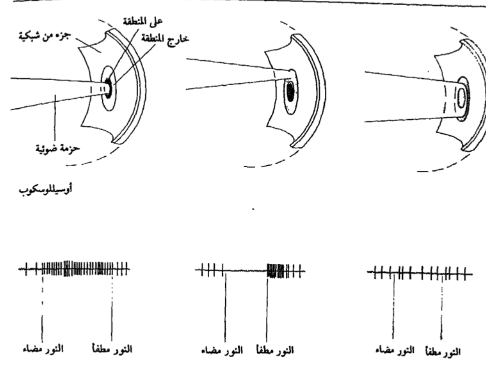
ويبقي السؤال الى حد كبير بدون أجابة، ولكن على الأقل تم القيام بالبداية الصلبة في تحديد كيفية قيام المخ بتحليل المعلومات التي تصل اليه من الأعين. وفي الحقيقة، يبـدأ التحليل داخـل العـين. [لايصح أن يكون هذا داعيا للدهشة بقدر ما تكون الشبكية في الحقيقة ماهي الا امتدادا من المخ].

والخـطة الأسـاسية هي استخدام الكترود دقيق مثل هذا الذي وصف في الباب السـابق للبحث عن النبضـات في الخلايا العصبية ذات الأهمية. وأظهر العمل مع حيوانات مختلفة أن أي مستقبل رؤية واحد يشتعل (أي يعمل فورا) اذ ما سقط ضوء ذو كثافـة كافيـة على هذا المستقبـل . وتتقابل نهايات (Synapse) القضبان (Rods) والمخاريط (Cones) في الشبكية عن طريق خلايا ذات قطبين (Bipolar Cells) والتي بدورها، تتقابل نهاياتها (Synapses) مع نهايات خلايا عقد عصبية (Ganglion Cells)

(الشكل ٢٨ - ١٨) . انها هي الأعصاب الطويلـة (Axons) لخلايا العقد العصبية التي تكون العصب البصري . وكمـا تعلمنا في البـاب الأخيـر لا تتمتع كل خليـة استقبال بمؤثـرات دائرتها الخاصـة الذاهبة إلى المـخ . ويوجـد نحـو (١٠^٨) قضيـب ومخروط في عين الأنسان، لكن فقط نحو (١٠^٦) ليفة عصبية طويلة (اكسونات) لخلايا العقدة العصبية يتكون منها العصب البصري . لذلك فان خلية أية عقدة واحدة لابد لها من استقبال مايصل اليها من عدد من الخلايا المستقبلة . ويوضح اختبار الشبكية أن خلية واحدة ذات قطبين تستقبل مايصل اليها من عديد من الخلايا المستقبلة، مثلا، تستقبل خلية عقدة عصبية واحدة مايصل اليها من عدة خلايا ذات قطبين .

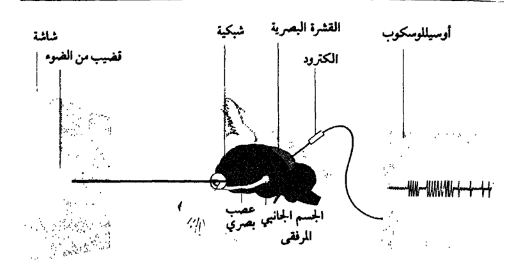
ويغرس الكترود تسجيل رهيف في خلية عقدة عصبية واحدة ثم تسليط ضوء على الشبكية، وضح العالم ستيفن كفلـر (Stephen W. Kuffler) مايجري في الخطوات الأولى لتحليل الرؤية . وحتى في الظلام، تمتلك خلية العقدة العصبية معدل اشعال بطيء وثابت . وللضوء المنتشر المسلط على الشبكية تأثير بسيط على هذا المعدل . ويمكن لبقعة دقيقة من الضوء، على اية حال، أن تزيد أو تقلل من معدل الأشعال . ويمكن لخلية عقدة عصبية واحدة أن : (١) تزيد من نشاطها عند سقوط الضوء على منطقة صغيرة مستديرة من الشبكية وتقلله عند سقوط الضوء على منطقة من الشبكية متحدة المركز مع المنـطقة الأولى (الشكل ٢٩-٧)، أو (٢) تعمل العكس بالضبط . ونحن نعتقد أن الضوء السـاطع على مناطق قفل - "off" يعمل على اشعال الخلايا ذات القطبين والتي تفرز ناقلا (Transmitter) مانعا على خلايا العقد العصبية التي تنبهت بمناطق الفتح - on والضوء المنتشر الذي يضيء كلا مناطق الفتح - "On" والقفل - "Off" ويجعلها تلغى بعضها البعض . وعلى ذلك، فان العصب البصري لايخبر المخ بأن الضوء قد تم اكتشافة ولكنه يخبرة بالفرق بين الضوء والظلمة (أي الأشكال) واللذين تم اكتشافهما .

وتمـر الألياف العصبية الـطويلة (الأكسـونـات) في العصب البصري الى الخلف ملاصقة لمركز قاعدة المخ الأمامي والمسمى بالجسم الجانبي المرفقى "Lateral genicu-late body" (الشكـل ٢٩-٨) ، حيث تكـون اتصـالات (Synapses) مع مجموعـة جديـدة من الخـلايا العصبية الـرابطة (البينية) وتذهب أعصاب تلك الخلايا لأعلى ولأسفل الى القشـرة البصريـة . ولقد تابع عالمان من زملاء كفلر (Kuffler) وهما ديفيد هوبل (David H. Hubel) وتورستن ويزل (Torsten N. Wiesel) عملية تحليل المعلومات



الشكل ٢٩-٧. استجابة خلية عقدة عصبية لأضاءة الشبكية. يسار: الضوء الساقط على منطقة دائرية صغيرة من الشبكية يزيد من نشاط خلية العقدة في الوسط: الضوء موجه حول البيريميتر في منطقة فتح (On) يثبط خلية العقدة. يمين الضوء يسطع على كلا المنطقتين ولا يسبب أية تأثيرات. وخلايا عقدية أخرى لها منطقة قفل - "off" محاطة بمنطقة فتح - "On"

البصرية في تلك المناطق. وثانية، غرس العالمان الكترودات دقيقة جدا في المناطق ذات الأهمية، لكن بدلا من توجيه الضوء بداخل العين، عرض العالمان صورا على شاشة موضـوعـة أمام الحيوان (قطـة أو قـرد) بعد تخدير الحيوان ومنع العيون من الحركة. وبـاستخـدام هذه الـطريقـة، وجد هوبل، ويزل أن خلايا الجسم الجانبي المرفقى تستجيب بنفس الـطريقة التي تستجيب بها خلايا العقد العصبية، بل وحتى اكثر. وكانت القصة مختلفة في القشرة البصرية، فالخلايا الأولى في تلك القشرة البصرية، والمسـماه بالخـلايا البسيطة (Simple Cells) لم تعـد تستجيب لدوائر من الضوء ولكنها تستجيب فقط لقضبان (Bars) من الضوء (أو الظلام) أو تستجيب لطواف خط (Line) مستقيم موجود بين مناطق الضوء ومناطق الظلام (الشكل ٢٩-٨) وفقط عند توجيه المنبه على منطقة واحدة من الشاشة، وفقط عند زاوية محددة، تستجيب خلية واحدة بسيطة من خلايا القشرة. [وبالطبع، فان المواقع الغير مؤثرة لخلية واحدة من خلايا القشرة تتسبب في تنبيه خلايا أخرى من خلايا القشرة].

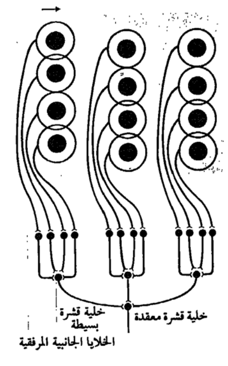


الشكـل ٢٩-٨. عمليـة تجريبية للنصح باستجابة الخلايا العصبية في القشرة البصرية للمنبهات البصرية المختلفة. وبطريقة مماثلة، يمكن دراسة نشاط خلايا العقد العصبية (في العصب البصري) ونشاط الخلايا العصبية في الجسم الجانبي المرفقى وذلك بوضع الكترود في تلك المناطق.

ويمكن شرح تفضيل خلايا القشـرة البسيطة للخطوط (Lines) اذا مـا افترضنـا أنـه يمكن تنشيط هذه الخلايا فقط عندما تتلقى ما يدخلها (Inputs) بواسطة عدد من الخلايا الجانبية المرفقية. والتي تترتب مناطق (دائرية) استجابتها في خط (الشكل ٢٩-٩).

وبالمحاولة في أماكن أخرى في القشرة البصرية، بين هوبل، ويزل أنه مازالت توجد أنـواع أخرى من الخلايا البينية (الرابطة) (معقدة، فوق معقدة) والتي مازالت تقوم بتحاليل أخرى. فمازالت الخلايا المعقدة تريد أن توجه حوافها في اتجاه واحد، ولكن يمكن تحريك تلك الحواف الان على مساحة كبيرة من الشاشة وهذا يدعو للفهم اذا ما تقابلت معها مجموعة من خلايا القشرة البسيطة - والتي تستجيب كلها لحافة واحدة من نفس الأنحدار، ولكن كل خلية واحدة مسئولة عن جزء مختلف من حقل الرؤية - على خلية معقدة واحدة وبذلك تستمر الخلية المعقدة في الأستجابة الى منبة معين حتى اذا ماتغير وضعها التام على الشبكية (الشكل ٢٩-٩).

وتستجيب الخـلايا الفوق معقدة على أفضل ماتكون الأستجابة عند وجود الخط المستقيم كمنبة، ولكن أيضا مع منحنى معين ومحدد الطول عند أحد أو كلا الطرفين. وتستخدم زوايا الخلايا القائمة غالبا كمنبهات قوية لتلك الخلايا.



الشكل ٢٩-٩. الميكانيكية (الطريقة) التي بها يمكن أن تتحـول منـاطق الأستجـابة الـدائـريـة في العقد وخلايا الجسم الجـانبي المـرفقى الى منـاطق استجابة مربعة مميزة لخلايا القشرة البسيطة وحركة قضيب الضـوء في الأتجـاه الموضح تستمـر فـي تنشيـط خلية القشرة المعقدة.

ومن الواضح أن قصة كيفية تحليل المخ للمعلومات البصرية غير كاملة ومع هذا، يمكننا الان أن نحصل على لمحة عن الوظيفة الضرورية والتي تقوم بها الخلايا البينية في المخ. وعند كل مستوي من التحليل (الخلايا ذات القطبين الى خلايا العقد، الخلايا الجانبية المرفقية الى الخلايا البسيطة بالقشرة، الخ)، فان كل ما يدخل من عدد من الخلايا البينية تجمع كلها في مخرج واحد. وبذلك، فان عند كل خطوة يتم انتخاب وتـدمـير بعض من المعلومات البصرية. وعلى سبيل المثال، تشتعل الخلايا البسيطة بالقشرة فقط اذا ما نشـط عدد من الخلايا الجانبيـة المرفقيـة التي تتقابـل معها في وقت واحـد (انظر قسم ٢٨-٥) والا يمـوت التهيج عند النهايات العصبية (Synapses) وبهـذه الـوسيلة يعمـل كل مستـوي في المـخ كجهاز ترشيح، وعمل ذلك، يزودنا بميكانيكية يمكن بها استبعاد بعض الخواص والتي قد تكون منبها معقدا للغاية.ويدلنا هذا العمـل الـطليعى على التحليل البصري أن مخ الثدييات يستجيب ليس فقط لنبضات معينة مولدة في دوائر معينة، لكنه أيضا يستجيب الى التنظيم الزمنى والفراغي (Spatial) للعديد من النبضات المارة عبر دوائر متجهة عديدة.

وتم الإعتراف بأهمية تلك الدراسات على التحليل البصري بمنح العالمين هوبل، ويزل جائزة نوبل في عام ١٩٨١ (والتي تأخرت كثيرا عن العالم كوفلر الذي توفي عام ١٩٨٠).

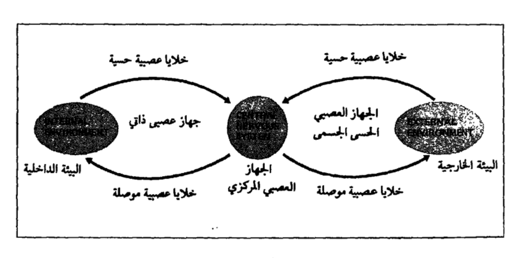
الجهاز العصبي السطحى THE PERIPHERAL NERVOUS SYSTEM

يتكـون الجهـاز الحسى - الجسمى من ١٢ زوج من الأعصاب الجمجمية والتي ليست جميعها أعصاب مختلطة، ٣١ زوج من الأعصاب الشوكية وكلها أعصاب مختلطة وتنقـل هذه الأعصاب النبضات من مستقبلاتنا (وخاصة من المنبهات الخارجية) الى الجهاز العصبي المركزي، وتنقل كذلك النبضات من الجهاز العصبي المركزي الى جميع العضلات الهيكلية في الجسم.

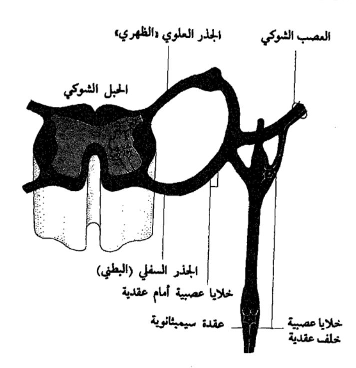
وجميع مانحس به من البيئة الخارجية وكذلك جميع أنشطة التوصيل في أجسامنا التي تتـواكب معها تعمل خلال الجزء الحسى - الجسمي من الجهاز العصبي السطحى (الشكـل ٢٩-١٠). وفي البـاب التالي سنختبر الميكانيكية (الطريقة) التي تنفذ بها الأوامر الموصلة للجهاز الحسى - الجسمى بالعضلات.

٢٩-٨. الجهاز العصبي الذاتي THE AUTOMATIC NERVOUS SYSTEM

تنشأ الخلايا العصبيـة قبل العقديـة (Preganglionic) الموصلة في الجهاز العصبي السيمبثاوى في الحبل الشوكي، وتخرج منه عن طريق جدارة السفلي (البطني) وتذهب الى داخـل العقدة السيمبثاوية (الشكل ٢٩-١١). وترتب هذه العقد في سلسلتين تجريان موازيتـين وعـلى كل من جانبي الحبل الشوكي (الشكل ٢٩-١٢).وقد تقوم الخلايا العصبية قبل العقدية بأحد الأشياء الثلاثة التالية في العقدة السيمبثاوية، فقد (١)



الشكل ٢٩-١٠. العلاقة بين الأقسام الثلاثة الرئيسية للجهاز العصبي.



الشكل ٢٩-١١. ممر الخلايا العصبية السيمبثاوية. الخلايا العصبية أمام العقدية تشاهد باللون السود، الخـلايـا العصبيـة خلف العقـديـة باللون الأبيض.

تتقابل عند نهاياتها (Synapse) مع نهايات الخلايا العصبية الخلف عقدية والتي تدخل بعد ذلك ثانية العصب الشوكي وبالتالي تمر للخارج لتذهب الى الغدد العرقية (Sweetglands) وجـدر الأوعية الـدمـوية قرب سطح الجسم، (٢) تمر أعلى وأسفل السلسلة السيمبثاوية وأخيرا تتصل في نهاياتها مع نهايات الخلايا العصبية خلف العقدية في عقدة فوق أو أسفل عقدتها، أو (٣) تترك العقدة عن طريق حبل يؤدي الى عقدة خاصة (وهي مركب من الأعصاب Plexus) في الأحشاء (الشكل ٢٩-١٢) وهنا قد تتقابل نهاياتها مع نهايات الخلايا العصبية الخلف عقدية الذاهبة الى الجدر العضلية للأحشاء. وعلى أية حال، فان بعضا من تلك الخلايا العصبية السيمبثاوية الخلف عقدية تمر مباشرة خلال تلك العقدة الثانية إلى نخاع الغدة فوق الكلوية وهنا تتقابل نهاياتها مع نهايات الخلايا الخلف عقدية المحورة جدا والتي تكون الجزء المفرز لنخاع الغدة فوق الكلوية.

والمادة الناقلة في الخلايا العصبية السيمبثاوية قبل العقدية هي (ACH) والتي تعمل على نقل النبضات الى الخلايا العصبية الخلف عقدية. ويفرز كذلك منبه كيميائي من نهايات الخـلايا العصبية الخلف عقـدية، وفي معظم الحـالات يكـون هذا المنبه هو النـورأدرينالين، ولو أنه في بعض الحيوانات الأخرى (مثل الضفدعة) تفرز الألياف

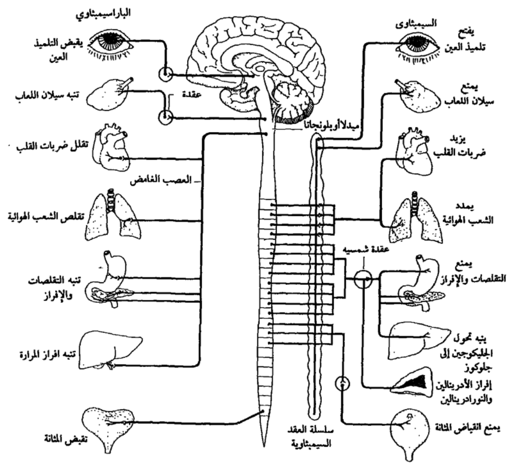
العصبية السيمبثاوية الأدرينالين بدلا من النورأدرينالين. في بعض الحالات ويكون فعل النورادرينالين (أو الأدرينالين) على أية غدة خاصة أو عضل هو اثارتها وفي أحوال أخـرى يعمل كمانع ينبه افرازه من تلك النهايات ضربات القلب ويرفع ضغط الدم ويوسع حدقة العين ويمدد القصبات والشعب الهوائية وينبه تحويل جليكوجين الكبد الى جلوكـــوز. كما يحول التنبيه السيمبثـــاوي الـدم بعيدا عن الجلد والأحشـاء الى العضـلات الهيكلية والمخ والقلب، يمنع التقلصات الذاتيـة (Peristalsis) في القناة الهضمية ويمنـع أيضـا تقلص المثـانـة والمستقيم. وباختصار، يضاعف تنبيه الفرع السيمبثـاوي للجهاز العصبي الذاتي أغلب، أن لم يكن كل، الأفعال التي يقوم بها الأدرينالين والنورأدرينالين المفرزان في الدم بواسطة نخاع الغدة الفوق كلوية. ولا يجب أن نستغرب لذلك اذا ما تذكرنا أن نخاع الغدة الفوق كلوية هو في الحقيقة جزء من الجهاز العصبي السيمبثاوي، فخلاياه المفرزة محورة الى خلايا خلف عقدية.

والأفعـال التي تحدث بسبب تنبيه الجهاز العصبي السيمبثاوي هي أفعال عامة، ويوجد سببان لذلك. الأول هو أن خلية عصبية واحدة أمام عقدية تتقابل نهاياتها مع نهايات العـديد من الخلايا العصبية الخلف عقدية، فالذي يبدأ كنبض واحد يصير مكبرا. والثاني، أن افراز الأدينالين والنورادرينالين في مجري الدم يؤكد أن كل خلية في الجسم تكون معرضة عند الضرورة لتلك المواد، حتى ولو لم تصلها مباشرة خلية عصبية عقدية.

٢٩-١٠. الجهاز العصبي الباراسيمبثاوي:
THE PARASYMPATHETIC NERVOUS SYSTEM

ان اهم أعصاب الجهاز العصبي الباراسيمبثاوي هي الأعصاب العشرة الجمجمية (Cranial) والمسـماه بأعصـاب فاجاس (Vagus) والتي تنشأ في النخاع المستطيل وتمتد خلايا عصبية أخـرى باراسيمبثاوية أمام عقدية من المخ وكذلك من الطرف السفلي للحبل الشوكي (الشكل ٢٩-١٢).

وتتصل نهايات (Synapse) كل خلية عصبية باراسيمبثاوية أمام عقدية مع عدد قليل من الخلايا العصبية الخلف عقدية والموجودة قرب أو في عضوها المؤثر (عضل أو غدة) وتفرز الأنتفاخات العصبية الطرفية (Synaptic Knobs) للخلايا العصبية الأمام عقدية



الشكل ٢٩-١٢. الجهاز العصبي الذاتي. تجهز الأعصاب السيمبثاوية الجسم للطوارىء. وتعكس الأعصاب الباراسيمبثاوية تأثيرات التنبيه السيمبثاوي. وتشاهد الخلايا العصبية أمام العقدية باللون الأسود، الخلايا العصبية الخلف سيمبثاوية ملونة.

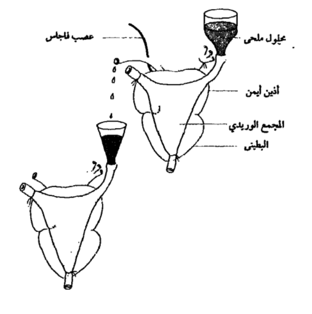
وكـذلـك نهايات الخـلايا العصبية الخلف عقـدية الأسيتـايل كولـين. ويسبب تنبيه الأعصاب الباراسيمبثاوية ابطاء ضربات القلب وتخفيض ضغط الدم وانقباض انسان العـين وزيادة سريان الـدم الى الجلد والأحشـاء، ويزيد التقلصـات الـذاتية للقناة الهضمية. وبـاختصار فان الجهاز العصبي الباراسيمبثاوي يعمل على اعادة وظائف جسمنا الى الحالة الطبيعية بعد أن كانت قد تغيرت نتيجة التنبيه السيمبثاوي. وفي أوقات الخطر، يعدنا الجهاز العصبي السيمبثاوي للأنشطة الجسمانية العنيفة مثل القتال أو الهرب وتكون تلك التغيرات ضارة اذا ما طال وقتها بدون داع، يقوم الجهاز العصبي الباراسيمبثاوي بعكس تأثيرها عند زوال الخطر. وعلى ذلك فلابد من أن نضم نشاط المقاومة العنيفة لهذين الفرعين من الجهاز العصبي الذاتي الى أهم العمليات في الجسم

التي تحافظ على توازن وظائف سوائل الجسم (الهوميوستازس).

ولقد تم اكتشاف إفراز مواد كيميائية معينة عند تنبيه فرع من الجهاز العصبي الذاتي بواسطــة العالم الفسيولوجـي الحاصل على جائزة نوبل أوتو لوى (Otto Loewi) في عام ١٩٢٠م. اذ قام هذا العالم بابعاد قلب ضفدعة بحذر مع جميع ملحقاتة من الأعصاب السيمبثاوية والباراسيمبثاوية المتصلة به. وكما كان متوقعا، تسبب التنبيه الكهربائي للأعصــاب السيمبثــاوية في اسراع ضربــات القلب بينـــما ادى تنبيه الأعصـاب الباراسيمبثاوية الى ابطاء ضربات القلب.

و وجد لــوى كذلك أن هاتين الإستجابتين تحدثان في قلب ضفـدعـة ثانيـة اذا ما وضعها ببساطة في حمـام به محلول رنجر (Ringer) مأخوذ من القلب الذي تم تنبيهه (الشكل ٢٩-١٣).

وبينما يعتبر الجهاز العصبي الذاتي جهاز غير ارادى (كما يقترح اسمه) فهذا ليس حقيقيا كلية، اذ أن كمية معينــة من التحكم الـواعى يمكن أن تظهـر عليه كما تم توضيحـة منـذ وقت طويل بواسـطة الممارسين للأديان الشرقية مثل اليوجا (Yoga) والبوذيين. فأثناء ممارسة معتقداتهم، يمكن لهؤلاء الأفراد بوضوح أن يغيروا من وظائف أجسامهم الذاتية ومنها معدل ضربات القلب ومعدل استهلاك الأوكسجين وربما تكون هذه التغييرات ببسـاطة انعكاسات لهبوط الأنشطة الجسمانية، لأنها تزيد عن مقدار



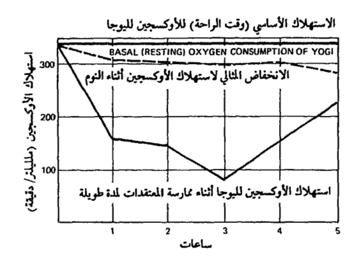
الشكــل ٢٩-١٣. تجربــة لوى، والــتي بيـنــت أن الأعصــاب تبـدى تاثيرهـا خلال أفـراز مواد كيميـاوية والتنبيـه الكهـربائي لعصب فاجـاس المؤدى الى القلب. الأول لا يبطىء فقط ضرباته ولكن، بعد وقت قصير أبطاء ضربات القلب الثاني أيضا

التغير الذي يحدث أثناء النوم أو التنويم (الشكل ٢٩-١٤). وأظهر العالم نيل ميلر (Neal Miller) ومساعدوه بالولايات المتحدة الأمركية أنه يمكن تدريب الكلاب وفئران المعمل على تغيير، بالزيادة أو بالنقصان (كما يرغب من يقوم باجراء التجربة)، مثل تلك الوظائف الذاتية التي نتقبلها مثل ضغط الدم، معدل ضربات القلب والتموجات الذاتية وتوزيع الدم الى التجمعات المختلفة للشعيرات الدموية. ونتيجة لتلك الأكتشافات، تجرى الان محاولات لتدريب الأنسان ذو ضغط الدم المرتفع أو ذو زيادة في معدل ضربات القلب، على تخفيض ذلك الى المستويات العادية. وبينما أمكن الحصول على تعلم مثل هذا التغيير لفترة، الا أن امكانية الأبقاء على هذا التعلم لفترات مفيدة بعد الأنتهاء من برنامج التدريب لازالت في حاجة الى التجربة.

٢٩-١١. العقاقير والجهاز العصبي
DRUGS AND THE NERVOUS SYSTEM

يعتمد نشاط الجهاز العصبي على الإيقاع الأوركسترالي الجيد للأنشطة الكيميائية الحيوية. وبعض من هذه، مثلا، هي اطلاق الطاقة عن طريق التنفس الخلوي وعمل المواد الناقلة، تعتبر فريدة للجهاز العصبي. وفي كلتا الحالتين، توجد فرص كثيرة لتغيير نشاط الجهاز العصبي باستخدام الكيمياويات التي تحاكى أو تمنع، أو في بعض الطرق الأخرى تغير، واحد أو أكثر من أنشطة الكيميائية الحيوية. ونظرا الى الأنشطة المتعددة للجهاز العصبي، لايجب أن يكون مستغربا أن التغيرات في السلوك، الواعي، والأدراك والتوافق العصبي والأحساسات هي من بين وظائف المخ والتي يمكن أن تغيرها المواد الكيميائية.

ويوجد دليل كاف على أن البشر استهلكوا عمدا بعض الكيمياويات (مثل كحول الايثايل، الكوكايين) منذ أيام مبكرة في تاريخهم لأجل الحصول على ما يشعرون أنها تغييرات مفيدة أو سارة في الأحساس والسلوك. وفي السنوات الأخيرة، فان نجاح علماء الكيمياء العضوية في تخليق أنواع كثيرة من المواد الكيميائية التي لها تأثير سيكولوجي نشط أو العقاقير زاد كثيرا من احتمالات تغيير أنشطة الجهاز العصبي. وأدى كثير من تلك الأبحاث الى التقدم في مساعدة المرضي عقليا. ولكن، متزامنا مع هذا التقدم، نمت رغبة زائدة في استهلاك تلك المواد بين أفراد ليس لهم تاريخ في الأمراض العقلية.



الشكل ٢٩-١٤ . تأثير أداء معتقدات اليوجا على استهلاك الأوكسجين. يمكن للأشخاص المدربين جيدا أن يغيروا بطوع ارادتهم عددا من الوظائف الأخرى التي يتم التحكم فيها بواسطة الجهاز العصبي الذاتي.

وبينما يوجد استعمال العقاقير المنشطة سيكولوجيا بين كل الأعمار وكل الشعوب، فان الزيادة الحديثة في أنواع العقاقير المستخدمة قد أصبحت دراماتيكية بين أفراد الدول النامية في العالم.

ونمو مايسمى في الغالب بزراعة العقاقير أعطت قوة دافعة لزيادة الأبحاث في طريقة عمل تلك العقاقير. وعلى أية حال، فان المعرفة التي حصلنا عليها لازالت قليلة. ولقد اتخذت عدة خطوات في هذا المجال، إحداها هي اعطاء العقار الى الأنسان أو الى حيوانات التجارب، ثم محاولة ربط التغييرات الفسيولوجية والسلوكية التي نلاحظها بوظائف المخ المعروفة. والخطوة الثانية هي اعطاء عقاقير مرقمة ونشطة اشعاعيا الى حيوان التجارب وملاحظة عما وأين تتركز تلك العقاقير بداخل المخ. وقد ذهب الكثير من الجهد في تحليل تجهيزات معزولة، أي معمليا، لمعرفة تأثير العقار على الأجهزة الأنزيمية وعلى خواص أغشية الخلايا، وغيرها.

واعتبارا للتنوع الغير عادي لتلك العقاقير النشطة سيكولوجيا أصبح واضحا أن تلك العقاقير تقع تحت ثلاثة مجاميع رئيسية بالنسبة الى آثارها النفسية والسلوكية، والمجاميع الثلاثة هي: المنبهات، المثبطات وعقاقير الهلوسة.

١ ـ العقاقير المنبهة STIMULANTS

اكثر العقاقير المنبهة انتشارا هي الكافايين (في القهوة، الشاي ومشروبات الكولا)، النيكوتين (في السجائر)، الأمفيتامينات والكوكايين، ويقوم كل من هذه العقاقير بتنبيه

الجهاز العصبي السيمبثاوي وربما خلال مراكز تحكم في الهيبوثالاماس. وتزداد كل من الأنشطة (مثل إسراع معدل ضربات القلب واتساع حدقة العين وزيادة سكر الدم التي تم وصفها عند مناقشة نخاع الغدة الفوق كلوية (انظر قسم ٢٧-١١) وكذلك الجهاز العصبي السيمبثاوي بهذه العقاقير. والتنبيه السيمبثاوي الذي يسببه الكافايين معتدل جـدا والـذي يسببـه النيكـوتيـن أقل قليلا أيضـا، لكن التنبيه بالأمفيتامينـات مثل الديكسدريـن (Dexedrine) وميثايل أمفيتامين (Methylamphetamine) (السـرعـة "Speed") قوي نوعـا. وبسبب دور نخاع الغدة الفوق كلوية وبقية الجهاز العصبي السيمبثاوي في اعداد الجسم للضغط، لا يجب أن نندهش أن كثيرا من الرياضيين تحولوا إلى الأمفيتامينات في محاولة لتحسين أدائهم. وتدل الدراسات القليلة التي أجريت على أن بعض أنـواع الأداء الـرياضي (مثـل الجـرى) قد تزداد سرعته بعد استعمال الأمفيتامينات - ربما يكون ذلك أساسا بسبب اقلال الشعور بالتعب. والأنشطة التي تحتاج الى تفاعلات معقدة مع زملاء في فريق لاتتحسن بل، في الحقيقة، تتدهور بعد استخدام الأمفيتامينات.

وتؤثر الأمفيتامينات كذلك على وظائف أخرى مرتبطة بغدة الهيبوثالاماس مثل زيادة العطش وتقليل الجوع والنوم. وبسبب مفعولها المثبط للشهية استخدمت الأمفيتامينات على شكل واسع لمساعدة الأفراد في تقليل أوزانهم. ويبدو أن النجاح القليل الذي نحصل عليه على المدى البعيد يقل كثيرا عن الأضمحلال السيكولوجي والفسيولوجي الذي يسببه التنبيه المستمر للجهاز العصبي السيمبثاوي.

وينبـه الكوكايين كذلك الجهاز العصبي السيمبثاوي والذي استخدمة منذ آلاف السنين قبائل خاصة في جبال الأنديز (Andes) في أمريكـا الجنوبيـة وفي السنـوات الأخيـرة أصبـح واحـدا من أشهـر العقاقير الفعالة نفسيـا (Psychoactive) والغير شرعية (المحرمة) المستخدمة في الولايات المتحدة الأمريكية.

٢ ـ العقاقير المثبطة DEPRESSANTS

وكما يدل الأسم، تقلل العقاقير المثبطة من نشاط الجهاز العصبي. وتوجد خمسة مجاميع رئيسية من العقاقير المثبطة، تلك المجاميع هي :

١ ــ كحول الأيثايل (الأيثانول).

٢ ــ الباربيتيورات (Barbiturates) وهي تضم عقاقيرا مثل السيكونال، النمبوتال، الأميتال.

٣ ــ الترانكويلايزرز (Tranquilizers) أوسعهـا إنتشـاراً هـو الميـروباميت (Mep-robamate (الأسماء التجارية له: ميلتاون Miltown ، اكوانيل Equanil) الكلوربرومازين (Chlorpromazine) (ثوارازين) ، الكلورديازيبوكسيد (Chlordiazepoxide) (ليبريام Librium) الديازيبام (Diazepam) (فاليوم Valium).

٤ ــ الأوبياتات (Opitates) وتضم الأفيون (Opium) والمورفين (Mor-phine) والهيروين (Heroin) والكوديين (Codeine) والميثادون (Methadone)

٥ ــ المخدرات (Anaesthetics) وتضم الأيثير (Ether) والكلوروفورم (Chloroform)وعددا آخر من الهيدروكاربونات المتطايرة والتي تستخدم كمذيبات (مثل البنزين، التلوين، رابع كلوريد الكربون).

وكحول الأيثايل هو اكثر العقاقير المثبطة استخداما بشكل واسع، ليس فقط في الولايات المتحدة ولكن في معظم أنحاء العالم. وبينما تعتبر طريقة تأثيرة مبهمة، الا أن تاثيرة يبرهن على أنه مثبط عام لوظيفة الخلية العصبية في المخ. ويبدو أن حساسية المخ للمنع تقل من أعلى الجهاز الى قاعة أي، من الفصوص الجبهية للمخ الأمامى الى النخاع المستطيل في المخ الخلفى. وبذلك تحدث أولى تاثيرات التسمم الكحولى (Into-xication) في الفصوص الجبهية. ونتيجة لأزالة الموانع، فقد تعمل على ظهور الوهم بأن العقار في الواقع هو عقار تنبيهي. وبزيادة تركيز الكحول في الدم، يمكن للمرء أن يراقب التغييرات المتزايدة الناجمة عن الأحباط المستمر في النزول لمراكز المخ. ويحدث فقد مهارة وحساسية اللمس عند منع عمل مناطق الحس والتوصيل في القشرة، كما يؤدي احباط مناطق الرؤية والسمع والكلام في القشرة الى تشويش الرؤية والتداخل في السمع والصعوبة في الكلام. وعند مستويات أعلى من الكحول، يزول التوافق والتوازن، ربما بسبب تأثير ايقاف عمل المخيخ. وينتج عن احباط التكوين الشبكى الأغماء، فيما بعد، الغيبوبة. وفي حالات نادرة، تحدث الوفاة عند تناول الأفراد كميات

كبيرة من الكحول تكفى لتثبيط عمل النخاع المستطيل للدرجة التي يقف عندها التنفس.

وتحاكى عقاقير الباربيتوريتات بعض أفعال الكحول وخاصة في قدرتها على احباط المعلومات الشبكية (وبذلك تساعد على النوم) في الجرعات الكبيرة، النخاع المستطيل (وبذلك تتسبب في فشل التنفس).وكما يتوقع المرء، تعمل الباربيتيوريتات والكحول بمساعدة بعضها البعض ويتسبب المخلوط في حدوث تثبيط اكبر عما يحدثة كل منهما بمفـردة. والخليط مسبب شائع لحالات الأنتحار، إما عرضا أو مدبرا. وقد قدر أن التسمم بخليط الباربيتيوريتات - الكحول مسئول عن ثلثى حالات الأنتحار بالمملكة المتحدة.

ويوجـد العـديد من العقـاقـير المثبـطة الأخـرى والتي تشـترك في معظم خواص البـاربيتيوريتـات ولكنها لاتنتسبب اليها كيميائيا.والعقار الظاهر في تلك العقاقير هو الميثاكوالون (Methaqualone) وهو عقار مهديء منتشر الأستعمال (وسيء الأستخدام)، ومثل الباربيتيوريتات، يعمل الميثاكوالون منشطا مع الكحول، ويثبط الخليط النخاع المستطيل لدرجة ايقاف التنفس.

وتكـون الترانكويليزيرات (Tranquilizers) مجموعة أخرى من المثبطات والتي كثر استخدامها في السنوات الأخيرة. وتعمل تلك العقاقير مثل الباربيتيوريتات في تقليل القلق والتـوتـر ولكنها لا تشاركها في تأثيرها على التشجيع على النوم. وأصبح بعض الترانكويليزيرات الأخرى ذات فائدة طبية كبيرة في علاج المرضى النفسانيين.

والأفيون خليط من المواد التي يمكن أن يشتق منها العديد من مستحضراته الأفيونية (Opiates) وتثبط تلك المواد النقل العصبي في الممرات الحسية للحبل الشوكي والمخ والتي تظهـر الألم، وهذا يفسـر قتـل تلك المستحضـرات الأفيونيـة للالام. وتؤثـر المستحضـرات الأفيونيـة كذلـك على المـراكز العميقـة في قشـرة المخيخ والمعتقد أنها موقع الكثير من الأنفعـالات، وقد يفسر هذا اعتدال المزاج (Euphoria) الذي تسببه المستحضرات ألأفيونية. وتمنع كذلك المستحضرات الأفيونية الخلايا العصبية في النخاع المستطيل، حيث تثبط المراكز المتحكمة في الكحة والتنفس وحركة الأمعاء. ويستخدم كلا من المورفين والكودين بكميات كبيرة كقاتلات للالام كما يستخدم الكودين كذلك

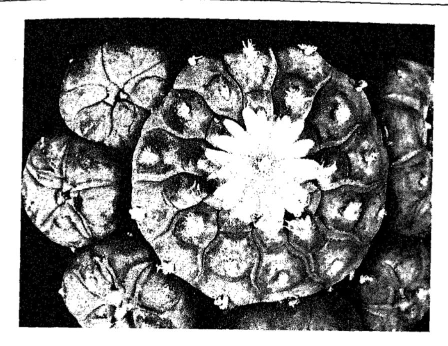
في أدوية الكحـة. وحتى الهـروين فانـه يعتبر اكثر فعالية كقاتل للالام عن المورفين والكـوديين، لكنـه مسبب كبـير للأدمان لدرجة أن استخدامة أصبح غير قانوني في الولايات المتحدة. والميثادون مستحضر أفيوني مصنع والذي تجري اختبارات كثيرة عليه الان كوسيلة لمنع ادمان الهيروين.

ولـو أن مستحضرات الأفيون (وخاصة الهيروين) ربما تكون اكثر العقاقير المسببة للأدمـان، الا أنها تتقاسم هذه الخاصية مع كل المثبطات التي وصفت حتى الأن. وتسبب كل من تلك العقاقير تأثيران فسيولوجيان متقاربان. التأثير الأول هو الأحتمال، أي، ضرورة الزيادة الثابتة للجرعة للوصول الى نفس التأثيرات الفسيولوجية والنفسية (السيكولوجية) والتأثير الثاني يعتمد على القدرة الجسمانية، اذ أن الإدمان معناه عدم الرغبة في ترك العقار. وبهذا الأحساس، فان كل العقاقير ذات التأثير النفسي تعتبر كلها عقـاقـير ادمـان. والمثبـطات، على أية حال، تسبب الأعتـماد على الحـالـة النفسية والجسمانية. وبعد فترة من استخدام المثبطات بانتظام، فان التوقف عن العقار المثبط يرسب أعراضا كاملة من الأنسحاب "Withdrawl" وهذه دائما أعراض غير سارة وأحيانا مميتة.

ويعتبر عدد من الهيدروكربونات المتطايرة مثبطات فعالة للجهاز العصبي المركزي لدرجة أنها تستخدم كمواد تخدير (Anaesthetics) ليس لها أهمية الا من الناحية الطبية فقط، الا أن العديد منها (مثل البنزين، التولوين) خطير جدا اذا ما استخدمت طبيا، وكلها مذيبـات رائعة في الصناعة وجدت استخداما واسع النطاق كمكونات سوائل التنظيف والمواد اللاصقة (Glues) ومواد أخرى. وفي عديد من الدول، اصبحت مواد الأستنشـاق "Sniffing" الفـردية منتشرة بين الشبـاب، اذ تسبب مفعـولا مثل التسمم الكحـولي وأحيانا اكثر، وتم تسجيل العديد من الحالات والتي تسبب فيها استنشاق الهيدروكـربـونات المتطايرة موتا فجائيا، ودلت الدراسات المعملية أن سبب الوفاة هو إنسداد أو توقف انتقال النبضات الكهربائية والتي تبدأ انقباض البطينين (انظر قسم ٢٣-١٨).

٣ ـ عقاقير الهلوسة HALLUCINOGENS

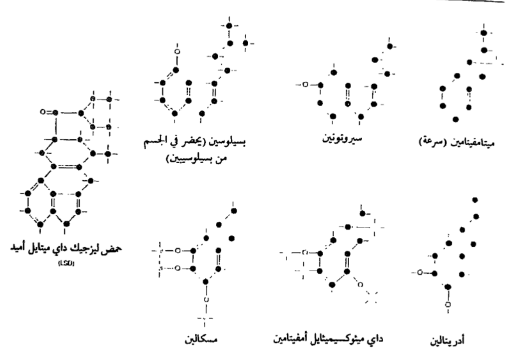
عند استخدامها في جرعات معتدلة، يكون لعقاقير الهلوسة تأثيرا فتاكا قويا على



الشكل ٢٩-١٥ . نبات الصبار Ophophora williamsii في حالة تزهير. وتحتوي رأس الصبار على عديـد من مواد الهلوسـة والتي أهمهـا مادة المسكـالـين. ورؤوس الصبار الجافة (قواعد mescal) استخدمها هنود المسكيك في شعائرهم الدينية منذ عصور ما قبل الرحالة كولمبس. ومنذ قرن مضى، انتشر استخدام قواعد الصبار بين قبائل عدة من الهنود في الولايات المتحدة وكندا، والذين في عام ١٩٢٢، اتحدوا مع الكنيسة الوطنية الأمريكية. (بتصريح من الدكتور ريتشارد ايفانز شولتز).

مستقبـلات الرؤية والسمع في الفرد، كما توجد أيضا زيادة محسوسة في الأستجابات العاطفية. وبالجرعات الأعلى، قد تحدث هلوسة حقيقية - مثل أن يرى الشخص أو يسمـع أشياء لاوجـود لها بالمرة. وتشترك كل عقاقير الهلوسة مسكالين (Mescaline) (الشـكل ٢٩-١٥)، وبسيلوسيبين (Psilocybin) حمض ليسيرجيك دايثيلاميد (Lysergic acid diethylamide) بشكل كبير في التشابة في التركيب الكيميائي (الشكل ٢٩-١٦).

وبينما نجد أن طريقـة تأثيرها بداخل المخ لاتزال مـوضع تساؤل لكن من الواضح بكل تأكيـد أن تركيبها يقارب كثيـرا تركيب السيروتونين (Serotonin) وهي مادة طبيعية ناقلة في أجزاء من المخ. وتهمنا أيضا مادة داي ميثوكسي ميثايل أمفيتامين (Di-methoxymethyl STP — amphethamine) اذ أنها تشارك (كما تفعل مادة مسكالين) تركيب وخواص مادتى الهلوسة (LSD و الأمفيتامينات) (الشكل ٢٩-١٦).



الشكل ٢٩-١٦ . المحاكاة الجزيئية قد يعمل حسابها في تأثيرات بعض العقاقير ذات الفعل النفسي (السيكولوجي) وتشابة عقاقير الهلوسة في التركيب عقار السيروتونين، والذي من المحتمل أن يكون مادة التركيب عقار السيروتونين، والذي من المحتمل أن يكون مادة ناقلة في أجزاء من المخ. وتشابه الأمفيتامينات للأدرينالين يتسبب بدون شك في قدرتها على مضاعفة تأثيرها على نشاط الجهاز العصبي السيمبثاوي. (تشاهد ذرات الكربون ملونة، ذرات النيتروجين باللون الأسود، ذرات الايدروجين بشرط قصيرة).

والمكان الذي يمكن أن تشغلة الماريجوانا في قائمتنا الطويلة للعقاقير الفعالة نفسيا (سيكولوجيا) غير مؤكد. ومنذ عزل أهم مكون فعال به، التتراهيدروكانابينول (Tet-rahydrocannabinol-THC) أجريت أبحاث قليلة على تأثير الماريجوانا. وتركيزات (THC) في مناطق معينة من المخ لها تأثيرات مثبطة معتدلة مثل الكحول، ولكن تركيزات (THC) العالية لها تأثيرات الأستقبال المشوة المعروف في عقاقير الهلوسة. وليس كمثل العقاقير المثبطة فالاحتمال والأدمان الجسماني لمادة THC لا يوجدان. وفي الحقيقة، يفرز هذا العقار ببطء من الجسم، أي بتكرار استخدامة، تحدث استجابة معينة باستخدام جرعة منخفضة.

والمجموعة المفروض أن يتبعها عقار فينسيكليدين (Pcp-Phencyclidine) غير مؤكدة. وتسبب بودرة PCP (المسماة تراب الملائكة — "Angel dust" ومهديء الملائكة

"Horse tranquilizer" وغـير ذلك) الهلوسة (مثل LSD) ولكنها أيضا تزيل الألم (مثل مستحضرات الأفيون) وتعمل كمنبة (مثل الأمفيتامينات).وفي السنوات الأخيرة، أخذ (PCP) المرتبة الثانية فقط للماريجوانا في استهلاك الأفراد الذين يستعملونها كعاقير غير شرعية. ويباع (PCP) في الغالب بطريقة مختفية أو مخلوطا مع عقاقير أخرى مثل (THC) و (LSD) والأنتشـار الـواسع للعقـار (PCP) مخيف على الخصوص بسبب شدتة في التشويش العقلي الذي يحدثه والسلوك العنيف الذي يتسبب في بدئه.

وحتى الأن، لقد حصلنا على لمحة صغيرة من تصرف المخ والطرق (الميكانيكية) التي تظهر بها العقاقير الفعالة نفسيا تأثيراتها. وكما تكون المعلومات الكثيرة مرغوب فيها، لا يجب أن ننتظرها قبل البحث عن الوسائل التي يمكن بها أن نقلل من الفقد الهائل البشـرى الذي يسببـه الأستخدام السيء للعقاقير الفعالـة (Psychoactive).

٢٩-١٢ . الببتيدات المشابهة للمستحضرات الأفيونية في المخ :

OPTIATES - LIKE PEPTIDES IN THE BRAIN

التأثيرات الدقيقة التي يحدثها المورفين والأفيونات الأخرى، مثل تخفيف الألم، تدعو للفهم اذا ما تحققنا أن تلك العقاقير تؤثر فقط على مجاميع معينة من الخلايا العصبية في الجهاز العصبي المركزي. ولقد تم توضيح أن الخلايا العصبية التي تتأثر بالأفيونات تمتلك مستقبلات على غشاء الخلية والتي ترتبط بالعقار بنفس الطريقة التي ترتبط بها مستقبلات الهورمونات الببتيدية بهورموناتها (انظر قسم ٢٧-١٧). ولكن لماذا توجد خلايا عصبية خاصة في الجهاز العصبي المركزي بها مستقبلات للمورفين؟

فلقد اتضح أن لهذه المستقبلات أدوارا طبيعية تقوم بها، فبعض الخلايا العصبية في الجهـاز المـركـزي تصنـع وتفـرز ببتيدات ترتبط بتلك المستقبـلات، إثنان من تلك الببتيدات يسميان انكيفالين (Enkephalins) وجزيئاتهما متطابقان فيما عدا الحمض الأميني الطرفى C فيهما، المثيونين (Methionine) في ميت انكيافالين، الليوسين (Leucine) في ليو انكيفالين (الشكل ٢٩-١٧). وينتج توجيه حلقة البنزين في بقايا التـيروسـين شكـلا ثلاثي الأضلاع مثل شكل المورفين والأفيونات الأخرى. وتنتج الانكيفـالينات التي تحقن في السائل المخيخى الشوكي نفس التأثيرات (مثل تخفيف

الشكل ٢٩-١٧. تركيب - انكفالين، ليو - انكفالين. كل من هذه الجزيئات يرتبط بنفس الشكل من المستقبلات الموجودة على خلايا عصبية معينة في الجهاز العصبي المركزي (شكل ٢٩/١٨). وبعملها هذا تنهى الشعور بالألم. ويحتمل أن يحاكى المورفين والعقاقير الأفيونية الأخرى نشاط الانكفالينيات بسبب تشابهها في التركيب.

الألم) والذي تسببه المستحضيرات الأفيونية.

واكتشف عدد أخر من الببتيدات تشابه الأفيونات في أنشطتها، أحد هذه الببتيدات هو اندروفين B (B - endorphin) (اسم اختصار "endogenous morphine" ويحتوي الأندروفين - B على ٣١ حمض أميني وهو يخلق في خلايا المخ وكذلك بواسطة الفص الأمامى للغدة النخامية. وفي الباب رقم (٢٧) اختبرنا البروتين الرائد (Precursor) والذي منه تم تخليق (ACTH) (B-lipotropin) ثلاثة هورمونات منبهات ـ الميلانوسايت (MSH) (الشكل ٢٧-٨).وتكون الأحادى والثلاثون حمض أميني والموجودة عند النهاية الكـربـونيـة لهذا الـبروتـين متواليات انـدروفين ـ B (الخمسة أحماض أمينية الأولى للمركب اندروفين – B لها متواليـات ميت انكيفالين ولكن لا يوجد دليل على أنه يتم تخليق met- انكيفالين من هذا الجزىء الرائد).

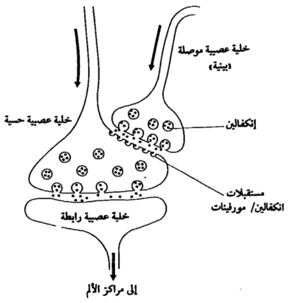
وفي أوقات الضغط، يفرز الفص الأمامى للغدة النخامية كلا (ACTH) اندروفين – B في الدم. وفائدة هذا المولود في الدم وهو الأندروفين – B غير معروفة، ولا يستطيع جزيء من حجمة أن يعبر حاجز الدم – المخ، لذلك لا نتوقع منه أن يؤثر على الجهاز العصبي المركزي مباشرة.

والـدور الـطبيعي للأنكـوفـالينـات اكثـر فهـا، اذ تفرز تلك الجزيئات بواسطة انتفاخات نهايات الأعصاب (Synaptic Knobs) في الأعصاب البينية (الرابطة) والتي

تتقـابل نهاياتها مع نهايات بعض الخلايا العصبية في الحبل الشوكي والمخ، واللذين بدورهمـا ينقــلان اشــارات الألــم الى قشرة المخيخ . ويختلف اتصـال (Synapse) الأنكيفالين عن الأتصالات الأخرى التي اختبرناها، فبدلا من اتصاله مع عصب صغير (Dendrite) أو جسم خلية، يحدث الأتصـال ملاصقـا لنهاية الخلية العصبية المؤثرة بحدوث الألم (الشكل ٢٩-١٨) ويثبط تنشيط اتصال الأنكيفالين قدرة تلك الخلية العصبية كي تبدأ نبضا في الخلية العصبية التالية في ممر الألم، والنتيجة هي التقليل من قوة اشارات الألم التي تصل الى قشرة المخيخ .

وقـدرة الشعور بالألم بطبيعة الحال عملية حيوية للانسان أو الحيوان، لكن يوجد القليل الذي نجنية من استقبال المزيد من الألم الى الأبد نظرا الى كمية الضرر الذي يحدث للجسم. وبعد نقطة معينة، يجب أن نعقل أنه لابد من وجود نظام يقلل من حساسية الجسم في مواجهة الألم الكثير العنيد.

ويوضح وجود نظام قاتلات داخلية للألم الكثير من استخدام الأفيونات فبالأرتباط بمستقبلات الأنكيفالين، يشجع مواد أفيونية مثل المورفين في تأثير قاتلات الألم في خلايا الأنكيفالين العصبية. ويمكن تفسير ظاهرة احتمال الأفيونات باستجابة توازن وظائف سوائـل الجسم (Homeostatic) والتي تقلل من حسـاسية الجهـاز لتعويض التعرض المستمر لمستويات مرتفعة من المورفين أو الهروين. وبعد التوقف عن استخدام العقار، يصبح الجهاز عديم الحساسية للتأثيرات المهدئة لخلايا الأنكيفالين العصبية وأعراض الأنسحاب المؤلمة التي تحدث.



الشكـل ٢٩-١٨ . طريقـة تصـويرية لتثبيط الألم. وتنشيط الانكفالين لنهايات الأعصاب (Synapses) في الحبـل الشـوكي تثبط افراز الناقل العصبي (المادة ١) المستخـدة بواسـطة الخـلايـا العصبيـة الحسيـة المشـتركـة في استقبـال الألم. وهـذا يمنع نقل اشـارات الألم الى المخ. يرتبط المورفين والأفيـونـات الأخرى بمستقبلات الانكفالين.

وهذا الجهاز الذي يخفف الآلام الداخلية له دخل أيضا في التأثيرات المخدرة لوخز الجسم بالأبر على الطريقـة الصينية (Acupuncture) ربما يتسبب وضع ابر بطريقة صائبة في بداية حدوث النبضات الحسية التي تنشط خلايا الأنكيفالين العصبية، والتي بدورها تثبط ممرات الألم المؤدية الى المناطق المراد تخديرها.

ملخص الباب CHAPTER SUMMARY

قمنا في هذه الأبواب بالتمييز مابين التوافق الكيميائي والتوافق العصبي لوظائف الجسم. والان نرى أن كل توافق ماهو الا عملية كيميائية حقيقية. والشيء الوحيد المختلف هو الوسائل المستخدمة لتوزيع تلك المواد الكيمياوية.فالهورمونات تنتقل خلال الجسم بواسـطة مجرى الدم، والمواد الناقلة يتم وضعها في بقع موضعية محددة بفعل الخلايا العصبية الموصلة.

وبنظامة الجيد، يسمح الجهاز الأخير بنشاط جسمى اكثر سرعة وأكثر تخصصا واكثر تنوعا عن السابق. ولازالت توجد فائدة أخرى له. فالأفراز الموضعي للمواد الناقلة بالخـلايا العصبية الموصلة يسمح ببناء تركيز أعلى للمادة عما يمكن للجسم ككل أن يتحملة بأمـان. ولـو اتضـح ان تركيز النورادرينالين اللازم لتنبيه الخلايا في النسيج الدهنى لفئران وجرذان المعمل يكون ضارا جدا عما يسمح له بالدوران بحرية في مجرى الدم، فان الأنتاج الموضعى للنورادرينالين بواسطة خلايا عصبية سيمبثاوية مؤدية الى النسيج الدهنى يتسبب في تلاشى هذا الخطر.

ولا يمـكن للجسم أن يتسجيب الى التغييرات في بيئتـة بدون العنصر الثـالث الضـروري للتوافق العصبي، ألا وهو المؤثرات (Effectors) وهذه هي التراكيب التي تقـوم بالعمـل. وعموما فان تركيب (مورفولوجية) وفسيولوجية هذه المؤثرات ستكون موضوع الدراسة في الباب التالي.

تمارين و مسائل EXERCISES AND PROBLEMS

١ ــ ماهي أجزاء الجهاز العصبي التي تشترك في الحفاظ على توازن وتوافق حركات الجسم؟

٢ ــ ينبـة العقار ميكوليل (Mecholyl) النشاط العصبي الباراسيمبثاوي. ماهو تأثيره

على (أ) انسان العين، (ب) الغدد اللعابية؟

٣ ـ يمنع العقار أتروبين (Atropin) النشاط الباراسيمبثاوي. لماذا يستخدم هذا العقار أطباء العيون الذين يرغبون في الكشف على داخل عين المريض.

٤ ـ ميز ما بين الأعصاب الجمجمية والأعصاب الشوكية.

٥ ـ صف التغييرات التي تحدث بالجسم في أوقات الطوارىء. أذكر كيف يساعد كل تغيير في اعداد الجسم للتصدى للطوارىء.

٦ ـ ميز ما بين العصب والخلية العصبية.

المراجع REFERENCES

1 - NAUTA, W. J. H., and M. FEIRTAG, "The Organization of the Brain," Scientific American. Offprint No. 1439, September, 1979.

2 - HUBEL, D. H., "The Visual Cortex of the Brain," Scientific American Offprint No. 168, November, 1963. An Account of the early experiments on visual processing in the cat, done in collaboration with Torsten Wiesel.

3 - HUBEL, D. H., and T. N. WIESEL, "Brain Mechanisms of Vision," Scientific American, Offprint No. 1443, September, 1979. Describes recent findings about the mechanisms of visual processing.

4 - GESCHWIND, N., "Specializations of the Human Brain," Scientific American. Offprint No. 1444, September, 1979. The functions of various regions of the brain.

5 - DIĊARA, L. V. "Learning in the Automatic Nervous System," Scientific American. Offprint No. 525, January, 1970.

6 - WALLACE, R. K., and H. BENSON. "The Physiology of Mediation," Scientific American. Offprint No. 1242, February, 1972. Demonstrates the effects of trancendental mediation on body functions generally thought to be under autonomic control.

7 - AXELROD, J., "Neurotransmitters," Scientific American. Offprint No. 1279, June, 1974. With emphasis on nonadrenalin and doamine.

8 - SCHULTES, R. E., "Hallueinogens of Plant Origin," Scientific, Reprint No.

106, January 17. 1969.

9 - GIRDANO, D. A., and Dorothy D. Girdano, Drug Education. 3rd ed., Addison-Wesley, Reading, Mass., 1980. A fine review of all aspects of drug use. Each chapter contains many references to the technical studies that have been made.

10- BRECHER, E. M., ed., Licit and Illicit Drugs, Little Brown, Boston 1972. The Consumers Union report on nacrotics, stimulants, depressants, inhalants hallucinogens, and marijuana-including caffeine, nicotine and alcohol.

11- IVERSON, L. I., "The Chemistry of the Brain," Scientific American. Offprint No. 1441, September, 1979. Examines the many transmitters used at synapses within the brain.

12- SNYDER, S.,"Opiate Receptors and Internal Opiates," Scientific American. Offprint No. 1354, March, 1977. A superb account by one of the pioneers in the field.

13- BLOOM, F. E., "Neuropeptides," Scientific American. Offprint No. 1502, Octobeerm 1981. In addition to the enkephalins and endorphin, many peptide hormones e.g., (GnRH, oxytocin, ADH, somatostatin) have roles to play within the brain.

References, 1, 3, 4, and 11 are reprinted (along with seven others) in *The Brain*. Freeman, San Francisco, 1979.



CHAPTER 30 الباب الثلاثون

العضلات والمؤثرات الأخرى

MUSCLES AND OTHER EFFECTORS

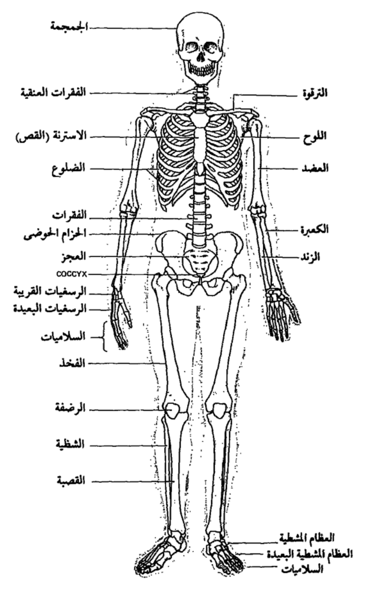
الباب الثلاثون
العضلات والمؤثرات الأخرى

عندما نقول أن كل الكائنات الحية تستجيب إلى المنبهات، نعني أنهم يؤدون أشياء عندما تتغير البيئة الداخلية أو الخارجية بطريقة محسوسة. وتسمى التراكيب التي تؤدى بها تلك الكائنات أعمالها بالمؤثرات (Effectors) وأهم تلك المؤثرات هي التي تفرز مواداً (الغدد) والتي تقوم بالحركة، وفي الحيوانات الفقارية تعتبر العضلات أهم تلك المؤثرات والتي تخلق الحركة.

٣٠-١. أنواع العضلات: KINDS OF MUSCLES

يوجد في الحيوانات الفقارية ثلاثة أنواع واضحة من العضلات. النوع الاول هو عضلة القلب (Cardiac muscle) وهي العضلة التي تكون جدار القلب، وتمت لنا دراسة خواص عضلة القلب في الباب الخامس بالدورة الدموية وسنتكلم عنها قليلا فيما بعد في هذا الباب. وتوجد العضلات اللاارادية أو الملساء (Smooth Muscles) في جدر جميع الاجهزة الجوفاء في الجسم (فيما عدا القلب) ويقلل انقباضها، والذي لا يكون عامة تحت تحكم ارادى، من حجم تلك الاجهزة المجوفة والاوعية الدموية، الامعاء، والمثانة، والرحم هي امثلة قليلة من الاجهزة التي تتركب جدرها لدرجة كبيرة من عضلات ملساء (لاارادية). ويتسبب عن انقباض العضلة الملساء الفعل العكسي مثل تحريك طعام الافطار خلال القناة الهضمية، وطرد البول، واخراج الاطفال إلى العالم.

والعضلة الهيكلية (Skeletal muscle) كما يدل عليها اسمها، هي العضلة التي



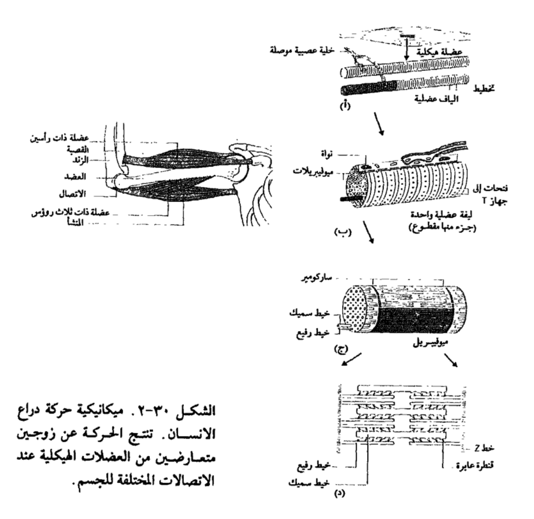
الشكل ٣٠-١ . الهيكل العظمى في الانسان.

تتصل بالهيكل (الشكل ١/٣٠)، وهي تحت التحكم الارادى، وانقباضها يجعل من الممكن القيام بالافعال الارادية مثل الجرى والسباحة وممارسة تشغيل الادوات واللعب بالكمان.

ولكن أيا كانت عضلة قلب أو عضلة ملساء أو عضلة هيكلية، فجميع العضلات تشترك في صفة واحدة إذ أنها كلها وسائل تستخدم الطاقة الكيميائية للطعام لاجل الحصول على فعل أو شغل ميكانيكي.

٣٠-٢ . تركيب وتنظيم العضل الهيكلي
THE STRUCTURE AND ORGANIZATION OF SKELETAL MUSCLE

العضلة الهيكلية الواحدة، كالعضلة ذات الثلاثة رؤوس (Triceps Muscle) تتكون من كرش أو بطن (Belly) عضلي سميك متصل بكل من نهايتيه بعظمة (الشكل ٣٠-٢) . وعند أحد الاطراف، المسمى بالاصل (Origin) يتصل العضل مباشرة بمنطقة عريضة من العظمة وهي في هذه الحالة العضد (Humerus) بينما يستدق الطرف الآخر والمسمى الفارس أو المتصل (Insertion) الى وتر (Tendon) لامع أبيض والذي يتصل بالزند (Ulna) وهي احدى العظام السفلي للذراع وعند الانقباض يبقى الاصل ثابتا في موضعة بينما يحدث الاتصال أو الادخال (Insertion) الحركة . وفي هذه الحالة ينفرد الذراع أو يمتد عند مفصل الكوع . ولذلك يسمى العضل دو الثلاثة



الشكل ٣٠-٢. ميكانيكية حركة دراع الانسان. تنتج الحركة عن زوجين متعارضين من العضلات الهيكلية عند الاتصالات المختلفة للجسم.

رووس بالعضل المنبسط (Extensor) ولان العضلات تظهر القوة فقط عند الانقباض وليس عند الانبساط أو الانفراج، فتوجد الحاجة إذن إلى عضل ثان وهو العضل المرن (Flexor) لثنى أو انحناء المفصل. والعضل ذوالرأسين هو العضل المنبسط للذراع السفلي ويكون العضل ذو الثلاثة رووس والعضل ذو الرأسين زوجا متعارضا من العضلات (Antagonistic Pair) وتوجد ازواج أخرى من العضلات تعمل متعارضة عبر مفاصل أخرى تمكننا من القيام بجميع حركاتنا الهيكلية تقريبا.

ويظهر القطاع العرضى في بطن (Belly) العضل الافا من الالياف العضلية (الشكل ٣٠ ـ ٣ أ). وترتب الالياف في حزم متوازية، في بعض الحالات تمتد بدون اعاقة من المنشا (Origin) إلى الاتصال (الادخال) (Insertion) ويترواح قطر الليفة (Fiber) من ١٠ إلى ١٠٠ ميكرون، ترتبط الالياف ببعضها البعض بنسيج ضام والذي تجرى خلالة أوعية دموية وأعصاب.

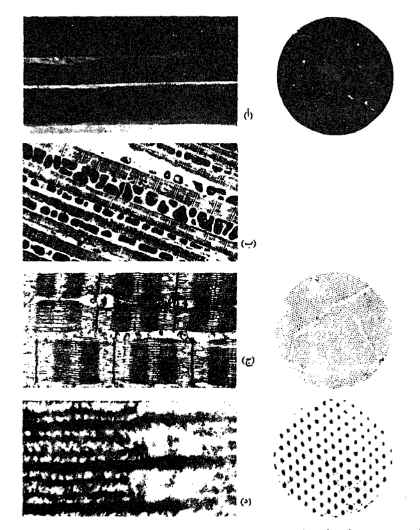
ومن المحتمل ان يكون عدد الألياف في العضل ثابتا، ترجع زيادة قوة وحجم العضل إلى الزيادة في سمك الالياف الفردية والزيادة في كمية الأنسجة الأخرى، مثل الأوعية الدموية والنسيج الضام، في العضل.

وبرؤيتها من الجانب، تظهر الالياف العضلية نظاما من الاشرطة العرضية أو الخطوط (Striations) ويتسبب هذا المظهر في إعطاء إسم آخر للعضل الهيكلي وهو العضل المخطط (Striated).

٣٠-٣: تنشيط العضل الهيكلي

THE ACTIVATION OF SKELETAL MUSCLE

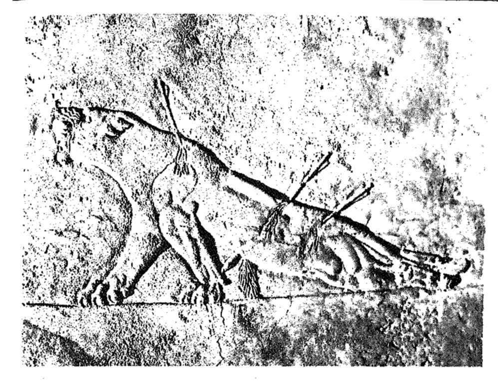
يتحكم الجهاز العصبي في انقباض العضل الهيكلي. فاذا عاق (منع) أي شيء مرور النبضات العصبية الذاهبة إلى أي عضل خلال الخلايا العصبية الموصلة، يحدث شلل لهذا العضل (الشكل ٣٠-٤). ويختلف العضل الهيكلي بعض الشيء في هذه الناحية عن العضلة الملساء، وخاصة كذلك عن عضلة القلب، إذ يمكن لعضلة القلب والعضلة الملساء أن ينقبضا بدون تنبيه من الجهاز العصبي. فالأعصاب (السيمبثاوية والباراسيمبثاوية - انظر قسمى ٢٩-٩، ٢٩-١٠) تذهب إلى عضلة القلب ولكن



الشكـل ٣٠-٣. نظام العضلة الهيكلية عند مستويات مختلفة من التكبير. الصورة الموجودة على اليسار من أعلى مناظر طولية تمثل تقريبا الرسومات المقابلة. والصور الأخرى تمثل قطاعات عرضية. (كلها صور اليكترونية - بتصريح من دكتور هـ. ي. هكسلي).

يقتصر تأثيرها على تعديل معدل أو قوة الانقباضات. وعلى العكس من ذلك، يعتمد العضل الهيكلي كلية في انقباضة على التنبيه العصبي.

فالنبضات الذاهبة في الخلايا العصبية الموصلة للجهاز الحسى ـ الجسمى (انظر قسم ٢٩ـ٧) تجعـل ألياف العضـل الهيكلي الذي تنتهى عنده ان تنقبض. ويسمى الاتصال بين نهاية خلية عصبية موصلة وليفة عضلية الاتصال العصبي العضلى Neuromuscular junction (الشكل ٣٠ـ٥). ويشابه خواص هذا الاتصال خواص الاتصالات العصبية (Synapse) وتحتوي نهايات الالياف العصبية الاكسونات الموصلة



الشكل ٣٠-٤ . اللبوءة التي تموت، صورة أشورية تاريخها نحو ٦٥٠ سنة قبل الميلاد.جرح الحبل الشوكي سبب شلل الأرجل الخلفية والتي لم تصيبها أية جروح. (بتصريح من أمناء المتحف البريطاني).

على الاف من المثانات (Vesicles) الدقيقة التي تخزن مادة (ACh) وعندما تصل نبضة عصبية إلى نهاية العصب، تفرز مئات من تلك المثانات مابها من (ACh) على سطح الليفة العضلية، ويتبع ذلك إنقباض العضل. وعند إتمام المهمة، يدمر انزيم الأسيتايل كولين إستيريز المادة (ACh) التي أفرزت ويترك الحقل خالياً إستعداداً لنبضة ثانية .

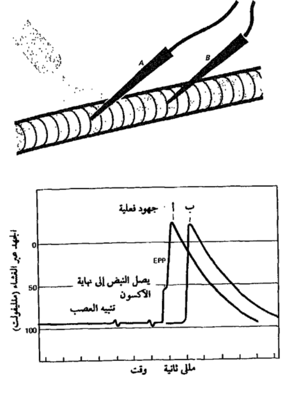
ويمكننا باستخدام الكترودات دقيقة تحليل الأحداث الكهربائية عند الاتصال العصبي العضلي كما فعلنا تماما للنهايات العصبية (انظر قسم ٢٨ / ٥).ولنشك (Pierce) ليفة عضلية واحدة بالقرب من وصلة عصبية عضلية، وعندما نفعل ذلك، نكتشف أن الليفة العضلية لها جهد راحة مقدارة ٩٥ ملليفولت، مع كون داخل الليفة ذات شحنة سالبة تماماً كما هو الحال في داخل الخلية العصبية (الشكل ٣٠-٦) . والان إذا ما أعطينا للخلية العصبية الموصلة والذاهبة إلى تلك الوصلة العصبية العضلية صدمة كهربائية خفيفة، تتسبب هذه الصدمة في بدء نبض عصبي والذي، عند وصولة إلى نهاية الأكسون، يمكن اكتشافة (اي النبض العصبي) بواسطة مسجل (الشكل ٣٠-٦)



الشكل ٣٠-٥. الأتصال العصبي العضلي. يمكن مشاهدة الكثير من المثانات في جزء نهاية العصب (آكسون) الواضح في الصورة. تحتوي تلك المثانات على أسيتايل كولين (Ach) ويسبب وصول جهد فعل على نهاية الاكسون افراز Ach في الفجوة المجاورة للغشاء المتثنى لليفة العضلية التي تسير بميل لأعلى من الجزء الأسفل الأيسر). وارتباط Ach للمستقبلات على هذا الغشاء يسبب بدء جهد فعلي في الليفة، يتبعة بالأحداث الأخرى التي تؤدى إلى الانقباض (بتصريح من الأستاذ ب. كاتز).

وبعد ٠,٧ مللي ثانية (msec) تبدأ الشحنة الموجودة عبر غشاء الليفة العضلية في الأنخفاض، ويسمى هذا بنهاية الجهد الطبقى (EPP - End plate potential)، وإذا ما وصل نهاية هذا الجهد الطبقى إلى هذا النحو - أي ٥٠ ملليفولت تقريبا (وعادة ما تفعل ذلك دائما) فإنه يبدأ حدوث جهد فعلي (Action potential) في الليفة العضلية.

وتشابة الأحداث الجزيئية والكهربائية عند الوصلة العصبية العضلية كثيراً تلك الموجودة عند نهايات الأعصاب. ويسبب وصول نبض عند نهاية الاكسون إفراز مادة ناقلة (ACh) وتزيد هذه المادة الناقلة (ACh) من نفاذية غشاء الليفة العضلية لدخول أيونات الصوديوم. وتظهر بداية دخول أيونات الصوديوم كنهاية الجهد الفعلى. وعند المدخل (نحو- ٥٠ ملليفولت)، تنساب أيونات الصوديوم باندفاع ويتولد بذلك جهد فعلى. وينزل الجهد الفعلى لأسفل بطول الليفة العضلية تماما كما يفعل عند نزوله لأسفل بطول الاكسون. لاحظ أنه عند وضع الكترود كهربائي بضعة ملليمترات بعيدا عن الوصلة العصبية العضلية يكتشف هذا الألكترود الكهربائي مرور الجهد الفعلى ولكن لا يكتشف حدوث نهاية الجهد الطبقي (الشكل ٣٠-٦). ويوجد حقيقة،



الشكل ٣٠-٦. تسجيل من داخل خلية ليفة عضلية تم تنبيهها بواسطة خليتها العصبية الموصلة. ووصول النبض العصبي عند نهاية اكسون الخلية العصبية الموصلة يخلق نهاية جهد طبقى (EPP) في الغشاء الموجود تحتة (أ) ولكن ليس أبعد من ذلك (ب). وعندما يصل EPP لبداية الليفة، يتولد جهد فعلى يسير خلال الليفة (ب).

عندئذ، اختلاف جوهري واحد فقط بين فسيولوجية النهاية العصبية وبين فسيولوجية الوصلة العصبية العضلية. وتحت الظروف الطبيعية تؤدى نبضة عصبية واحدة تصل إلى الوصلة العصبية العضلية إلى حدوث جهد فعلى في الليفة العضلية. وعند النهاية العصبية، على العكس من ذلك، لابد من حدوث العديد من الجهود المنبهة لتوليد جهد فعلى في الخلية العصبية خلف النهاية العصبية (Post-synaptic) (أنظر قسم ٢٨-٥).

ويوجد عدد من المواد الكيميائية التي تؤثر على الجهود الطبقية النهائية. فالبكتيريا اللاهوائية *Clostridium botulinum* هي أحد أنواع البكتيريا التي توجد عرضا في الأغذية المعلبة، وتفرز سما قاتلا يسمى سم البوتيوليس (Botulinus toxin) وتمنع تلك المادة السامة افراز ACh عند الوصلة العصبية العضلية، بذلك يصبح جهد طبقة النهاية EPP قليل جدا لتصل لبدايتها ولاتنشط الليفة العضلية، ويكون الشلل والموت (من الأختناق) هو النتيجة في أغلب الأحيان.

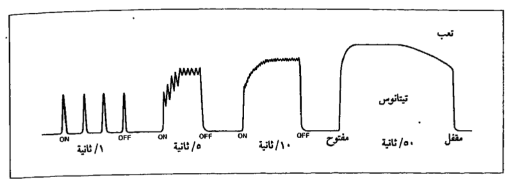
وتوقف مادة كورير (Curare) وهو سم تستخدمه بعض قبائل أمريكا الجنوبية على رؤوس

سهامهم، عمل (ACh) على غشاء الليفة العضلية. وهذا أيضا، يقلل من حجم جهد طبقة النهاية وعند فشلها في الوصول إلى بداية الألياف العضلية تؤدى إلى الشلل.

ويمكن بذلك تغيير حجم جهد طبقة النهاية بالعقاقير، وهو جهد مرتب تماما مثل EPSPs ويعتمد مثلها على كمية الناقل (ACh) المستخدم. ولكن ليس لتلك العقاقير تأثير على جهد الفعل. ولطالما أمكن الوصول إلى البداية سيتولد جهد فعلي. وجهد فعل الليفة العضلية، مثل جهد الخلية العصبية، هو اما كل - أولا شيء. ولا ينتج جهد طبقة النهاية أكبر من البداية أي جهد فعل اكبر من جهد الفعل الذي يصل إلى بداية الليفة العضلية.

ولا تحدث تغييرات ظاهرة في الليفة العضلية أثناء (وفورا بعد) الفترة التي يسير فيها جهد الفعل على الليفة العضلية. ولذلك تسمى هذه الفترة التي قد تكون من ٣-١٠ مللي ثانية (msec) في المدة تبعا لليفة العضلية التي نقوم بدراستها، بالفترة الكامنة (La-tent period) ويتبعها انقباض الليفة العضلية. وعلى مدى فترة تقدر بنحو ٥٠ مللي ثانية، تبدى الليفة توترا، وإذ سمح لها، فهي تقصر في الطول. والأنقباض مثل جهد الفعل، يكون ككل أولا شيء، فإذن تنقبض الليفة لأقصى طولها أولا تنقبض بالمرة.

ويتبع الأنقباض الذي يسببه منبه واحد الارتخاء. وعلى مدى فترة تبلغ ٥٠-١٠٠ مللي ثانية ترتخي الليفة، وإذا كانت قد قصرت فانها تواصل بلوغ طولها الأصلي. وعلى أية حال، يمكن منع إرتخاء الليفة إذا ما أعيد تنبيهها قبل إكتمال دورة الأنقباض والأرتخاء. ويحتاج جهد العضل نحو ١-٢ مللي ثانية فقط للمرور لأسفل الليفة العضلية، ثم يجدد جهد الراحة بأنتشار أيونات البوتاسيوم إلى خارج الليفة، وتكون الليفة عندئذ جاهزة «للإشتعال» مرة ثانية. وتتم تلك الأحداث الكهربائية حتى قبل أن تبدأ الليفة في الأنكماش. ولأن فترة «الأنكسار» تكون أقل بكثير عن الوقت المطلوب للأنكماش والأرتخاء، يمكن الأحتفاظ بالليفة في حالة الأنكماش طالما يحدث تنبيهها باستمرار بدرجة كافية (أي ٥٠ منبه في ثانية - أنظر الشكل ٣٠-٧). ويسمى مثل هذا الأنكماش المحتمل باسم تيتانوس (Tetanus) وعندما نستخدم عضلاتنا في العادة، تذهب الألياف العضلية كل بمفردها في حالة تيتانوس لفترات قصيرة أفضل من قيامها ببساطة بانتفاضات Twitches .



الشكل ٣٠-٧. تسجيلات الانقباضات الأيزوتونية للهيكل العضلي كما يمكن أن تشاهد على الكيموجراف الذي يشاهد في شكل (٣٠/ ٨). في كل صدمة (١/ ثانية) تحدث عند فتح المنبه الكهربائي، يعطي العضل إنتفاضة واحدة. عند زيادة تردد المنبة (٥/ ثانية، ١٠/ ثانية)، تبدأ الإنتفاضات في الاتحاد مع بعضها، ظاهرة تسمى تيتانوس. عند ٥٠ صدمة/ ثانية، يحدث للعضل حالة تيتانوس، وهي حالة انقباض محتملة لا ارادية. التيتانوس والكلونس محتمل حدوثهما لأن فترة التمرد للعضل أصغر بكثير عن الوقت المطلوب لتكملة دائرة انقباض وارتخاء. لاحظ أن كمية الانقباض اكبر في الكلونس والتيتانوس عنه في الإنتفاضة الواحدة.

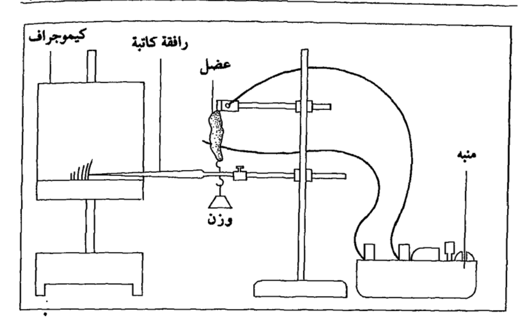
وفي الحيوانات الفقارية، يكون للخلايا العصبية الموصلة تأثيرا منبهاعلى الأنكماش العضلي. ويحدث منع العضلات كنتيجة لمنع النبضات العصبية في الجهاز العصبي المركزي من الوصول إلى خلايا عصبية موصلة خاصة. وعلى أية حال، فانه في الحيوانات القشرية مثل الجمبري، تفرز بعض الخلايا العصبية الموصلة ناقلا فوق إستقطابي (Hyperpolarizing) عند الوصلة العصبية العضلية وبذلك تمنع انقباض الليفة العضلية.

٣٠-٤ . فسيولوجية كل العضل THE PHYSIOLOGY OF THE ENTIRE MUSCLE

ولو أن الليفة العضلية الواحدة هي الوحدة التركيبية للعضل الهيكلي إلا أنها ليست هي وحدة العمل. ولجميع الخلايا العصبية العضلية المؤدية إلى العضلات الهيكلية أعصاب طويلة (آكسونات) متفرعة، وكل فرع ينتهي في وصلة عصبية عضلية بليفة عضلية واحدة. وتعمل النبضات العصبية المارة من خلية عصبية واحدة على بدء الأنقباض في جميع الياف العضلة والتي تنتهي عندها أفرع تلك الخلية العصبية. وتسمى أقل وحدة من وحدات الأنقباض هذه بالوحدة الموصلة (Motor unit).

وبالنسبة للعضلات التي لنا عليها تحكم دقيق، يكون حجم الوحدة الموصلة صغيرا. وعلى سبيل المثال، تبدأ خلية عصبية واحدة عمل أقل من عشرة ألياف في العضلات المتحكمة في حركات العين. والوحدة الموصلة للعضلات المتحكمة في الحنجرة صغيرة كصغر ٢ أو ٣ ألياف/خلية عصبية موصلة. ومن جهة أخرى، فانه في العضلات التي ليس لنا تحكم دقيق عليها مثل عضلات سمانة الرجل (Calf) قد تضم وحدة موصلة واحدة ألفاً أو ألفين من الألياف العضلية (مبعثرة بدون انتظام خلال بطن العضلة).

ولقد رأينا أن استجابة ليفة عضلية واحدة هي كل - أو لاشيء. وبالرغم من ذلك، فنحن نعرف أن العضل ككل لا يعمل بهذه الطريقة. ويمكن العمل على انقباض أي عضل عند درجة مرغوبة ابتداء من ارتخائة العضلى إلى أقصى انقباضة. ويمكن توضيح ذلك في المعمل بتنبيه عضلة سمانة الرجل (جاستروكنيمياس Gastrocnemius) في ضفدعة بمنبه كهربائي وقياس، بواسطة رافعة كاتبة (الشكل ٣٠-٨)، كمية الأنقباض في العضلة كلها. ولا يكون للصدمة الضعيفة جدا أي مفعول بالمرة. وعند وصول البداية (Threshold) تزداد كمية الأنقباض إلى الحد الأقصى. ومنبهات اكبر من ذلك لاتكون مؤثرة (الشكل ٣٠-٨). فكيف نوفق بين هذه الأستجابة المتدرجة للعضل بأجمعة بالخواص التي هي (كل - أو لاشيء) للألياف الفردية والتي تؤدي تلك الأنقباضات؟ والأجابة هي أن قوة الأنقباض للعضلة بأجمعها تزداد بازدياد عدد انقباضات الألياف الفردية، وبذلك، في الحيوان السليم، يتم التحكم في قوة الأستجابة العضلية بعدد من الوحدات الموصلة التي تنشط عن طريق الجهاز العصبي المركزي وحتى عند الراحة، تكون أغلب عضلاتنا الهيكلية في حالة انقباض جزئى يسمى توتر (Tonus) وإذا لم تكن العضلات هذه في حالة الانقباض الجزئي، يكون من الصعب علينا الحفاظ على اتخاذ أي وضع لنا. ويزودنا عمل الوحدات الموصلة بقاعدة طبيعية (جسمانية) لحالة الأنقباض الجزئى، إذ أن وحدات موصلة قليلة تنشط طوال الوقت حتى عند راحة العضل. فعندما ترتاح مجموعة من الوحدات الموصلة، تبدأ مجموعة أخرى في أخذ مكانها في النشاط، و يحافظ مثل هذا النشاط والخمول اللذان يحدثان في آن واحد على نسبة مئوية صغيرة من المجموع الكلى لعدد الوحدات الموصلة على الأنقباض الجزئي لعضلاتنا الهيكلية.



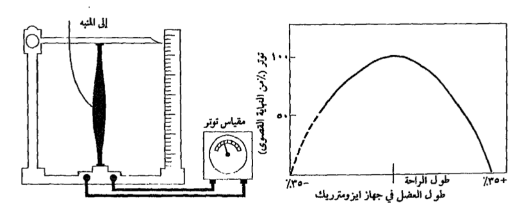
الشكل ٣٠-٨. قياس الانقباضات الايزوتونية لعضلة سمانة الرجل في ضفدعة استجابة لصدمات فردية من فولت متزايد. يرفع انقباض العضل الرافعة الكاتبة والتي تقوم بتعليم الورق الملفوف حول اسطوانة (طبلة الكيموجراف. لاحظ أن العضل يستجيب بشدة أكبر كلما زاد الفولت، وذلك بسبب زيادة عدد الألياف العضلية التي يحدث لها التنشيط.

والجهاز الموضح في الشكل (٣٠-٨) يسمح للعضل بأن يقصر عند رفعه للوزن، وبذلك تظهر قوة العضل عند عدم حدوث الأنقباض، ويوصف مثل هذا الأنقباض باسم القوة المتعادلة (Isotonic) (اي متعادل التوتر). ولكن ماذا يحدث إذا ما أضفنا وزنا كبيرا جدا لرافعة بحيث لا يستطيع العضل أن يرفعها بالمرة؟ فالعضل عندئذ يظهر توترا عند تنبيهه، ولكنه لا يستطيع أن يقصر. يوصف مثل هذا الأنقباض بأنه متساوي الأبعاد "Isometric" أي (نفس الطول) ولنضع عضلا في جهاز لا يسمح بأي قصر للعضل ولكنه يسمح لنا بقياس التوتر الذي يحدث عند تنبيه هذا العضل، وبذلك يكون العضل محددا بالأنقباض المتساوي الأبعاد، ولنضع العضل في الجهاز ونشدة لدرجة معينة من الطول، ونعطية سلسلة من الدرجة القصوى من الصدمات التجريبية، ثم نقيس التوتر النشط أي، التوتر الناتج عند تنبيه العضل. (العضلات مرنة، وبذلك عندما نشد العضل عند وضعة في الجهاز، ينتج عن العضل بالفعل توتر راحة) والان دعنا ننقط (نضع نقطا) توضح تأثير طول العضل على التوتر النشط الذي يمكن أن يحدث، سنجد عندئذ أن العضل ينتج أعلى توتر نشط عند تنبيهه وذلك عن الأمساك به عند طوله

الطبيعي في الحيوان السليم. وعند الأمساك به عند أطوال أقصر أو اكبر من أطوالة الطبيعية، فان التوتر النشط الناتج يكون أقل (الشكل ٣٠-٩) وعند هذه النقطة، يمكنك أن تضيف بأن الطبيعة تعرف الأفضل. (وفي الحقيقة هي تعرف. فاذا ما أعدنا جراحيا توصيل عضل هيكلي في حيوان حتى يمكن تغيير طوله، يهيىء العضل نفسه تدريجيا لأظهار الحد الأقصى لانقباضات متساوية الأبعاد عند الطول الجديد (ونحن الان نقوم باختبار الأساس الجزئي لأنقباض العضلة الهيكلية. فاذا ما انتهينا من ذلك، فاني أظن أنك ستتفق معي في أن النتائج التي قمنا بترقيمها (تنقيطها) في الشكل (٣٠-٩) هي التي كنا نتوقعها.

٣٠-٥ . الليفة العضلية: THE MUSCLE FIBER

يوضح قطاع عرضي مكبر لليفة عضلية واحدة أنها - أي الليفة (Fiber) - مكدسة باللفيفات (Myofibrils) بنفس الطريقة التي تكدس فيها الألياف العضلية في بطن العضل. وجميع اللفيفات مكومة طوليا وتسير بطول الليفة. وتحاط اللفيفات بسيتوبلازم يحتوي على أنوية وميتوكوندريا وشبكة إندوبلازمية غزيرة. ووجود العديد من الأنوية سببه في الحقيقة أنه أثناء النشوء الجنيني، تتكون كل ليفة عضلية نتيجة التحام العديد من الخلايا الفردية، فالليفة العضلية عندئذ ليست خلية واحدة ولكنها تلاحم خلوي Syncytium.ولهذا السبب، فان أجزاء الليفة تعطى أسماء (مثل الساركولما لغشاء الخلية،



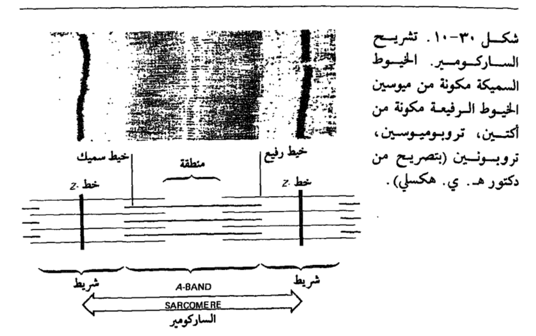
الشكل ٣٠-٩ . قياس الانقباضات الأيزومترية. القوة الظاهرة بالعضل تكون عند نهايتها القصوى عند وضع العضل في الجهاز عند طولة الطبيعي (وقت الراحة). والتوترات النشطة تهبط عند أطوال أقصر وعند شد العضل اكثر من طولة الطبيعي.

ساركوبلازم للسيتوبلازم، الشبكة الساركوبلازمية الإندوبلازمية). ولو أن هذا يميل إلى إظهار التشابة الضروري في تركيب ووظيفة هذه المركبات وتلك الموجودة في الخلايا الحقيقية. وتوجد الأنوية والميتوكوندريا تحت غشاء الخلية مباشرة (الشكل ٣٠-٣ب) وتمتد الشبكة الإندوبلازمية بين اللفيفات.

وينشأ نظام التخطيط (Striations) في الليفة العضلية من التخطيط الموجود في اللفيفات الفردية. وطبيعيا فان كل هذا التخطيط يدون مع بعضة البعض، ولو أنه في العينات المحضرة للميكروسكوب الألكتروني، غالبا يشوش هذا التخطيط المدون.

وتسمى الأشرطة الغامقة في اللفيفات بالأشرطة - أ (A) وغالبا ما يفصل هذه الأشرطة الغامقة منطقة فاتحة تسمى بالشريط - هـ (H) (شكل ١٠-١٠)، والأشرطة الفاتحة نفسها تسمى بالأشرطة - ى (I) ويفصل الأشرطة الفاتحة عن بعضها البعض خط غامق يسمى بالخط - ز (Z).

ويزودنا الميكروسكوب الألكتروني بشرح لتلك الأشرطة. والقطاع العرضي في منطقة الشريط-أ (A) [وليس خلال المنطقة -ز (Z)] يوضح صفا هندسيا من النقط (الشكل ٣٠-٣ب). وهذه الصفوف الهندسية من النقاط ذات حجمين، الحجم الأكبر يبلغ نحو ١٥ ن م في القطر، الأصغر نحو ٥ ن م في القطر. وإذا ما عمل المقطع خلال الشريط - ي (I) يبقى نظام نقط الـ ٥ ن م بينما لا يظهر النظام الأكبر (١٥ ن م) وعلى العكس من ذلك، فالقطاع خلال المنطقة-ز (Z) يظهر فقط تراكيب الـ ١٥ ن م. وتوضيح هذه النتائج يصبح واضحا في الصور الألكترونية الجيدة للقطاعات الطولية للفيفات (شكل ٣٠-٣د) إذ يتضح أن اللفيفة (Myofibril) تتكون من صفوف من الخيوط (filaments) المتوازية. فالخيوط الأكبر تسمى بالخيوط السمكية (Thick filaments) وهي التي تكون الشريط أ (A) وقطرها ١٥ ن م والخيوط الرفيعة (Thin filaments) والتي قطهر ٥ ن م تمتد في كل اتجاه من الخط -ز (Z) وعند وجودها بمفردها فانها تكون الشريط-ى (I) والمنطقة هـ (H-Zone) هي الجزء من الشريط -أ (A) حيث لا تتدخل الخيوط السميكة والخيوط الرفيعة (الشكل ٣٠-١٠).ويطلق على صف الخيوط السميكة والرفيعة الموجود بين الخطوط - ز (Z) إسم ساركومير (Sarcomere) وتختلف الساركوميرات في الطول من ١,٥ -٣٠ ميكروملليمتر (Mm) وكما سنرى، إنها قدرة كل



شكل ٣٠-١٠. تشريح الساركومير. الخيوط السميكة مكونة من ميوسين الخيوط الرفيعة مكونة من أكتين، تروبوميوسين، تروبونين (بتصريح من دكتور هـ. ي. هكسلي).

من الساركوميرات في اللفيفة للتقصير من ٣-٥ , ١ ميكروملليمتر التي ينتج عنها القصر الكلى للفيفة، وبالتالي، الليفة العضلية التي هي-أي اللفيفة-جزء منها.

٣٠-٦ . التركيب الكيميائي للعضلة الهيكلية:

THE CHEMICAL COMPOSITION OF SKELETAL MUSCLE

إذا ما أخذنا بعض الألياف من عضل هيكلي وغمرناها في جليسيرول أو في محلول ملحى مخفف، ينزح للخارج بعض البروتينات من الألياف. وتشمل هذه البروتينات، البروتين المرتبط بالأوكسجين والمسمى ميوجلوبين (أنظر قسم ٤-٤) وكثير من الأنزيمات بما فيها من إنزيمات الجلكزة (Glycolysis) (أنظر قسم ٧-٥) ولكن يوضح الفحص الميكروسكوبي لليفة عدم حدوث أي تغيير في مظهر الساركوميرات. وفي الحقيقة، فان مثل هذا التحضير ينقبض إذا مازودناه بأيونات المغنيسيوم (ATP) وأيونات الكالسيوم.

وإذا عاملنا التحضير بعد ذلك بتركيز ملحى أعلى، تزال كميات كبيرة من البروتين المسمى ميوسين (Myosin) والان لا يمكن للألياف أن تنقبض بعد ذلك، ويوضح الأختبار الميكروسكوبي إختفاء الأشرطة-أ (A) وبكل وضوح، تتكون الخيوط السميكة من الميوسين وهي المادة الضرورية للأنقباض.

وتتسبب المعاملة الأكثر عنفا في إزالة بروتين أخر يسمى أكتين (Actin) مع بروتينين

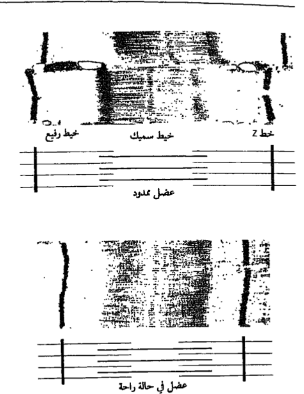
آخـرين همـا التروبوميوسيـن (Tropomyosin) والتروبونين (Troponin) كما تتلف هذه الـوسائل تركيب الخيوط الرفيعة. وبناء على هذا وغيرة من الخلفيات الأخرى، يبدو واضحا أن هذه الثلاث بروتينات هي التي تكون الخيوط الرفيعة.

وإذا، مزجنا محلول من الأكتين مع محلول من الميوسين، يصبح المزيج المتكون لزجا جدا وذلك بسبب اتحاد البروتينين سويا. وإذا أضفنا الان بعضا من (ATP) إلى المزيج، تزول اللزوجة ويتحلل (ATP) مائيـا إلى (ADP) وفوسفات غير عضوية. وعند تكسير كل (APT) تعـود اللزوجـة، وهذا يجعلنـا نقترح أن مركب الأكتين والميوسين (المسمى اكتوميوسين Actomyosin) هو إنزيم (ATPase) و زيادة على ذلك، فانـه يبدو أن (ATP) يغير الأرتباط بين الأكتين والميوسين.

ويمكن توضيح النقـطة الأخيرة باستخدام الياف عضلية ميتة (والتي وصفت من قبل) والتي تم ابعاد جميع بروتيناتها الذائبة بغمرها في الجليسيرول. ومثل تلك الألياف تكون صلبة وهشة. وبتعرضها إلى (ATP) على أية حال، تصبح تلك الألياف العضلية الميتة لينة ورطبة. (وتوضح هـذه الملاحظة الظاهرة المسماة (rigor mortis) وهي تصلب العضلات الهيكليـة بعد الموت. إذ أنه بالموت، ينقطع افراز (ATP) وتصبح بروتينات الألياف العضلية مرتبطة ببعضها البعض بدون عودة).

٣٠ـ٧. نظرية الخيط ـ المنزلق THE SLIDING - FILAMENT HYPOTHESIS

يتكون جزء من الميوسين الذي تتكون منه الخيوط السميكة من تحت وحدات كرويـة (Globular subunits) وهذه التحت وحدات هي التي تتحد بالأكتين (وكذلك بالـ ATP) وتظهر تلك التحت وحدات تحت الميكروسكوب الإلكتروني مثل الكباري المتقاطعة (Cross-bridges) بين الخيوط السميكـة والخيوط الـرفيعـة (الشكل ٣٠-٣د)؛ونحن نفتـرض أنـه بطريقـة ما، ربمـا عن طريق حركـة مفصليـة (Swiveling) تسحب الكبـارى المتقاطعـة الخيوط الرفيعة لمسافـة بسيطة عبـر الخيوط السميكة، ثم، لابد للكبارى المتقاطعـة أن تتكسـر (وحيث توجد الحاجة للـ (ATP) لعملية التكسير هذه) وتعيد تكـوين نفسهـا أبعـد على طول الخيوط الرفيعة لتكرر العملية ثانية. وكنتيجة لذلك، تنجذب الخيوط عن بعضها البعض في عملية تسمى Ratchet like أي متقاطعة الفعل، وطبقا لهذه الطريقة، لاتستدعي الحاجة للخيوط الرفيعة كي تقصر أو تسمك

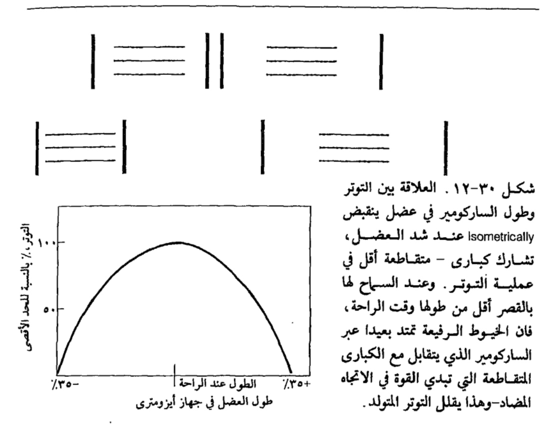


الشكل ٣٠-١١. نظام التخطيط في عضل مشدود وعضل في حالة راحة. في العضل المشدود يوجد تقاطع أقل للخيوط السميكة والخيوط الرفيعة. وتبعا لذلك، تصبح الأشرطة - ي (I) والمنطقة - ز (Z) أعرض. ويبقى عرض الشريط -أ (A) بدون تغيير (بتصريح من دكتور هـ. ي. هكسلي).

أو تلتف أثناء العملية.

وكيف يمكن للأنسان قياس تلك العملية المسماة بنظرية الخيط-المنزلق؟ ولنسأل أولا إلى أي شيء تؤدى بنا تلك النظرية كي تتنبأ عن ظهور الساركوميرات في العضل المشدود والعضل المنقبض. هل ننتظر أن يتغير عرض الأشرطة - أ (A) حيث أن طول الليفة قد تغير. أو يتغير عرض الشريط - ى (I) أو عرض المنطقة - ز (Z)؟ فاذا ما شدت ليفة عضلية، لابد من أن تجذب الخيوط الرفيعة بعيدا من بين الخيوط السميكة، وهذا يجعل الشريط- ى (I) والمنطقة - ز (Z) أوسع. وعلى أية حال، يبقى عرض الشريط - أ(A) 6 ثابتا. وكما نشاهد في الشكل (٣٠-١١)، يتم هذا التنبؤ بالضبط.

والآن لنختبر التوترات النشطة الناتجة عن انقباض العضل انقباضاً متساوي الأبعاد (Isometrically) (الشكل ٣٠-٩). فاذا، أظهرت الكباري المتقاطعة الفعل المعروف بأسم (Rachet-like) لابد من أن نفترض أنه كلما كثرت الكباري - المتقاطعة التي تعمل، كلما كبرت التوترات الناتجة. ونحن نجد أن العضل قادر على إظهار أقصى توتراتة إذا ما بقى عند طولة الطبيعي وقت الراحة. وأختبار الساركوميرات فيه يوضح أن كمية تداخل الخيوط السميكة والرفيعة تكون بطريقة تتسبب في إشتراك أقصى عدد



شكل ٣٠-١٢. العلاقة بين التوتر وطول الساركومير في عضل ينقبض Isometrically عند شد العضل، تشارك كبارى – متقاطعة أقل في عملية التوتر. وعند السماح لها بالقصر أقل من طولها وقت الراحة، فان الخيوط الرفيعة تمتد بعيدا عبر الساركومير الذي يتقابل مع الكبارى المتقاطعة التي تبدي القوة في الاتجاه المضاد–وهذا يقلل التوتر المتولد.

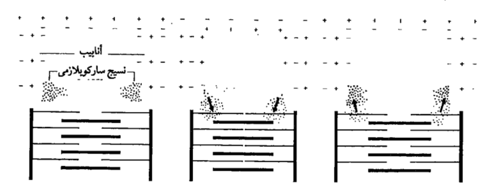
من الكبارى المتقاطعة في العمل (الشكل ٣٠-١٢) وعند شد العضل نجد أن التوترات النشطة تقل، ويكون هذا معقولا لأن منطقة تقاطع الخيوط السميكة والرفيعة تقل تبعا لأستطالة الساركوميرات (الشكل ٣٠-١١). وفي الحقيقة، إذا، شددنا العضل لمسافة بعيدة كافية، تنجذب الخيوط الرفيعة كلية بعيدا عن الخيوط السميكة. وعند هذا الطول، لايظهر العضل الذي تم تنبيهه أي توتر بالمرة (الشكل ٣٠-١٢)، وبذلك يكون تأثير الطول على التوتر الناتج عن العضل المنقبض (المنكمش) ذي أبعاد متساوية (Isometrically) أي مناسبا تماما لفكرة أن التوتر ينتج عن الكباري–المتقاطعة التي تحاول جذب الخيوط الرفيعة إلى تداخلات مع الخيوط السميكة.

٣٠-٨. ربط الأثارة بالأنكماش COUPLING EXCITATION TO CONTRACTION

تبقى الان فجوة رئيسية في قصتنا، فلقد اختبرنا الأحداث المؤدية إلى خلق جهد العضل في ليفة عضلية، كما أنشأنا نموذجا لشرح القصر الذي يحدث عند تنبيه العضل الهيكلى. والان لابد أن نسأل كيف يؤدي الحدث الأول – وهو الأثارة إلى الحدث الثاني – وهو الأنقباض.

ولقد اتضح أنه توجد طريقة أخرى يمكننا بها أن نجعل الليفة العضلية تنقبض، هذه الـطريقة هي حقن محلول من أيونات الكالسيوم في الليفة (باستخدام) القطارة الدقيقة (Micropipet) فإذا ما فعلنا ذلك، تنقبض الليفة بدون وجود أي جهد فعل. وبدلا من ذلك، يمكننا معاملة الليفة العضلية بمادة كيميائية يمكنها أن تغمر أية أيونات كالسيوم تكون موجودة في الليفة وعند تنبيه مثل هذا العضل، يتولد جهد فعل ولكن لا يتبعه أي انقباض. ومن هذا يكون واضحا إذن أن أيونات الكالسيوم تلعب دورا في ربط العمليتين.

والآن، باستخـدام كالسيوم مشـع، أمكننا النظر إلى توزيع الأيونات في الألياف العضلية، إتضح أنه في الألياف الساكنـة (Resting) يحاصر كل الكالسيوم في مثانات (Sacs) الشبكة الإندوبلازمية (الساركوبلازمي) وهذه تكون موجودة بكثرة في مناطق الخطوط - ز (Z) (الشكل ٣٠-١٣)، بعبارة أخرى، عند حدود الساركوميرات. وعند نشاط الليفة، يفرز الكالسيوم من الشبكة الساركوبلازمية وينتشر بين الخيوط الرفيعة والخيوط السميكة للساركومير، هنا يتحد الكالسيوم مع التروبونين وهو أحد بروتينات الخيط الرفيع، وتكون نتيجة هذا الأتحاد بين أيونات الكالسيوم وبين التروبونين التداخل بين الأكتـين والميوسـين وبـذلـك تحدث حركة الخيوط. وعند انتهاء العملية، يؤخذ الكالسيوم ثانية إلى الشبكة الساركوبلازمية.



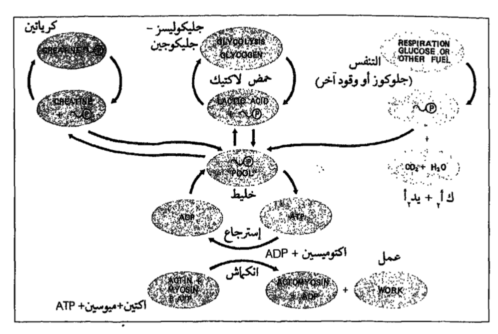
شكـل ٣٠-١٣ . ربط الاثـارة بالانكماش . يسار: الجهاز T والشبكة الساركوبلازمية في عضل ساكن (Resting)،وسط: تكاثر جهد الفعل يعكس قطبية الأنابيب في الجهاز - T. وهذا يبدأ افراز أيونات الكالسيوم من الشبكة الساركوبلازمية. وارتباط أيونات الكالسيوم بالتروبونين في الخيوط الـرفيعة يشعل (يعمل على بدأ) التداخل بين الأكتين والميوسين، وتقصر الساركوميرات. يمين: الحفاظ على الاستقطاب العادي يتبعة عودة أيونات الكالسيوم إلى الشبكة الساركوبلازمية وارتخاء الساركومير.

وتبقى الآن مشكلة، فالليفـة العضلية تكـون مكدسة باللفيفات، وكل من هذه اللفيفات عبارة عن صف طويل من الساركوميرات المتكررة. ولكن إذا اشتغل (Turned on) كل ساركومير بمفرده، فكيف يمكننا اذن أن نتأكد أن جميع الساركوميرات الموجودة في لفيفـات الليفـة تعمل كلها (تبدأ شغلها) في وقت واحد؟ يوجد حل دقيق لتلك المشكلة، إذ أنه يوجد بطول الليفة وحولها وعلى مسافات متساوية جيوب داخلة (Inpoc-ketings) من غشاء الليفة، تسمى هذه الجيوب بالجهاز - ت (T-System) (الشكل ٣٠-٣ب). وتنتهي أنابيب الجهاز - ت عند أو قرب الخيوط - ز (Z) أي عند مثانات الشبكة الساركوبلازمية المملوءة بالكالسيوم تماما. والجهاز - ت، كونه إمتدادا لغشاء الليفة فانه يحمل جهد العضل عميقا في الليفة العضلية. وتؤكد السرعة التي يسافر بها جهد العضل أنه يصل إلى جميع نهايات الجهاز - ت في نفس الوقت - الذي بدأ فيه إفراز أيونات الكالسيوم، بذلك يكون حدوث انقباض جميع الساركوميرات في كل لفيفة في الليفة العضلية كلها حقيقية في نفس اللحظة.

٣٠-٩. كيميائيـة الإنقبـاض العضلـــي

THE CHEMISTRY OF MUSCULAR CONTRACTION

أن المنبع السريع للطاقة لأنقباض العضل هو (ATP): وهو المنبع للطاقة الحرة لأغلب العمليات الحية، ولكن تحتوي الليفـة العضلية على كمية من (ATP) تكفى فقط لأمداد عدة تحويلات (Switch) قليلة بالطاقة. فإلى أي منبع للطاقة يمكن لليفة أن تذهب كي تضمن وجود مدد ثابت من (ATP) ؟ ان أفضل منبع هو التنفس الخلوي للجزيئات المغذية الاتية إلى الليفة عن طريق الدم. وعلى أية حال، إذا وضعنا عضلا منعزلا في جو لا هوائي كي لا يحدث أي تنفس خلوي، فان الليفـةلا يزال في إستطاعتها ان تنقبض بشـدة لمدة طويلة، وذلك لأن الليفـة العضلية تستطيع انتاج الطاقة بعملية الجلكزة (Glycolysis) (الشكل ٣٠-١٤). فالجليكوجين يمثل نحو ١٪ من وزن الليفة العضليـة . وعند حرمان الليفـة من الأوكسجين ، ينكسر الجليكوجين الموجود بها إلى جلوكـوز ١ - فوسفـات ، وهـذا يتحول إلى شبيهه جلوكوز ٦-فوسفات (في الباب السابع أنظر شكل ٧-٥) وأكسدة NAD-catalyed لل ٣ - فوسفوجليسير الدهيد (3-phosphoglyceraldehyde) والذي يعطى بطبعه حمض البيروفيك (Pyruvic acid).



الشكل ٣٠-١٤. كيميائية انكماش العضل. (ممرات-بالألوان-العمل أثناء سداد دين الأوكسجين).

وفـي غياب الأوكسجيـن والذي يمكن للـ (NADH) أن يعطيه إلكتروناته، يستدير الـ (NADH) ليختـزل حمض البـيروفيك إلى حمض اللكتيك (حمض اللبنيك) (الشكـل ٧-٥) . وبينما تحتاج تلك العمليـة للـ (ATP) فان الأخير يتم توليدة كذلك. والناتج النهائي هو جزيئين من (ATP) لكل زوج من جزيئات حمض اللكتيك الناتج، وهو ليس بالكثير ولكنه يكون كافيا لتمكين العضل من الأستمرار في أداء وظيفتة في حالة غياب الأوكسجـين أو، اكثـر غالبية، في حالـة عدم كفـاية امـدادات الأوكسجـين لمقابلة احتياجات العضل.

وإذا أخـذنـا تحضيـر العضـل الموجـود عندنا ونعاملــة بحمـض الأيودوأسيتيك (الخليــك - اليــودى Iodoacetic acid) يستمــر العضل فـي الأنقباض . ولهذا الاكتشـاف أهميتـه لأن حمض الخليك - اليودى يسمـم إنزيم -phosphoglyceral-dehyde dehydrogenase (الشكــل ٧-٥) وبــذلــك يضـع حدا فجـائيا لعملية الجلكـزة . فهـل هنـاك اذن، بعد ذلك، منبـع آخـر لأنتاج (ATP) ؟ والأجابة هي نعم: انه لمركب فوسفات الكرياتين (Creatine phosphate) (CP) (الشكل ٣٠-١٤) . فتتصـل مجموعة الفوسفات في هذا المركب برابطة عالية الطاقـة مثل الروابط عاليـة

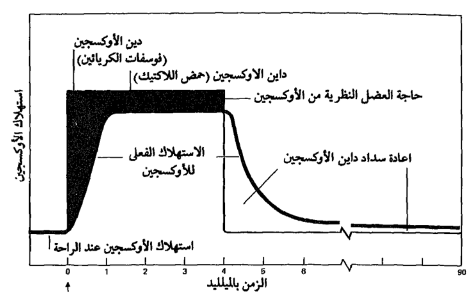
الـطاقـة الموجـودة في (ATP) ويستطيع فوسفات الكرياتين أن يهب طاقتة العالية من الفوسفـات إلى (ADP) ويحولة إلى (ATP).

CP+ ADP === C + ATP

وبذلك يستخدم حـوض (Pool) فوسفات الكرياتين في الليفة العضلية (اكبر بنحو عشرة مرات عما في مثيلة في ATP) كمخزن متواضع للطاقة لتخليق (ATP).

ولمساعـدتنـا في فهم كيفية استخـدام منـابع هذه الطاقة العديدة، فلنختبر اذن الأحداث الكيميائية الحيوية التي تحدث في العضلات الهيكلية لشخص رياضي يجري لمسافة ميل واحد. ولنفترض: (١) أن متسابقنا الذي يجري حسن جدا ويحتاج فقط إلى أربعة دقائق لتكملة السباق، (٢) أنه يجري السباق بخطوة ثابتة (وربما هي أحسن تكتيك بالنسبـة لأسـاس الكيمياء الحيوية ان لم تكن أفضـل استراتيجية للسباق). ويوضح الشكل (٣٠-١٥) معدل استهلاك الأوكسجين بينما يكون المتسابق في وقت الـراحـة. والكمية النظرية التي نحتاج اليها لأمداد الطاقة أثناء السباق من التنفس الخلوي وحده موضحة باللون الأسود، ويشاهد المنحنى العضلي لأستهلاك الأوكسجين بالألـوان. وكـما يمكنك أن تشاهدة عندما يبدأ السباق، فانه توجد زيادة في معدل استهلاك الأوكسجين (أي تنفس خلوي) لن يستغرق الوصول إلى الحد الأقصى لمعدل استهلاك الأوكسجين لنحو دقيقة أو أكثر وحتى هذا لايكون كافيا لأداء المهمة (أي الجـرى في السبـاق). ومـاذا يعـوض هذا النقص؟ أولا، يوجـد تكسـير لفوسفات الكرياتين، والطلب المتزايد المفاجيء للـ (ATP) في اللحظة التي تلى اطلاق منظم بداية السباق طلقتة النارية، تزوده فوسفات الكرياتين. وفي نفس الوقت، يبدأ معدل تسليم الأوكسجين للعضلات في الأزدياد بسرعة بينما تهيء رئات، وقلب، والأوعية الدموية للمتسابق للمطالب الجديدة. وبسرعة تستهلك امدادات فوسفات الكرياتين، بعد نحو ١٥ ثانية، وتبدأ مساهمة فوسفات الكرياتين في انتـاج (ATP) في الأنتهاء. ولابد لأي شيء آخر أن يقوم بحمل المسئولية وهذا هو التحلل الجليكوجيني. إذ بعد دقيقة أو أكثر يصل معدل التنفس الخلوي إلى قيمة ثابتة، إن لم يكن هذا غير كاف - كما هو المتوقع - يعوض ذلك الأستمرارية في التحلل الجليكوجيني (الشكل ٣٠-١٥).

وأنت تعرف أنه بمجرد عبور المتسابق لخط النهاية، لا ينخفض معدل وعمق التنفس



شكل ٣٠-١٥ . العلاقة بين احتياجات الأوكسجين والاستهلاك العضلى للأوكسجين أثناء وبعد ٤ دقائق من النشاط الرياضى العنيف قبل الجرى لمسافة ميل. وبينما يهيء القلب، الأوعية الدموية نفسها لتوزيع اوكسجين اكثر للعضلات، فنقص الطاقة يقابلة مبدئيا تكسر فوسفات الكرياتين. وكلما استمـر السباق، يعوض تخمر حمض اللكتيك نقس الطاقة. وبعد السباق، يستمر التنفس الخلوي عند مستويات اكبر من مستويات أثناء الراحة لتعويض (سداد) دين الأوكسجين. واعادة تخليق فوسفـات الكـريـاتـين في العضـلات يحدث بسرعة. واعادة تخليق الجليكوجين من حمض اللكتيك، والذي يحدث في الكبد، يحدث ببطء.

مباشرة إلى معدلات الراحة. وبدلا من ذلك فانه توجد فترة من استمرارية المعدلات المرتفعة للتنفس الخلوي، أثناء تلك الفترة يسدد دين الأوكسجين (Oxygen debt) وهو الفرق بين الأحتياجات النظرية للأوكسجين اللازمة للسباق والأوكسجين الذي يتم بالفعل استهلاكه (الشكل ٣٠-١٥).وبالنسبة للكيمياء الحيوية، فهو مقياس للمعدل المتـزايد للتنفس الخلوي الـذي يحتـاج اليه المتسابق، أولا، لسد النقص في مخزون العضل من فوسفات الكرياتين، ثانيا، لأمداد الطاقة لأعادة تخليق الجليكوجين من حمض اللكتيك الناتج من التحلل الجليكوجيني.

واعادة بناء حوض (Pool) فوسفات الكرياتين تكون سريعة، يحدث ذلك بداخل الليفـة العضلية نفسهـا. وتستغرق اعادة تخليق حمض اللكتيك إلى جليكوجين مدة أطـول، وسبب واحد لذلك هو أن العملية لاتحدث في العضلات ولكنها تحدث في الكبد. ويحمل حمض اللكتيك المفرز من العضلات المجهدة بواسطة الدم إلى الكبد

حيث هنا يعاد تخليقة إلى جليكوجين باستخدام الطاقة المزودة عن طريق التنفس الخلوي. وبعد ذلك بكثير، يخزن جليكوجين العضل بحمل الجلوكوز من الكبد إلى العضلات. وقد تستمر الزيادة الطفيفة في استهلاك الأوكسجين المطلوبة لسداد جزء التحلل الجليكوجيني الناتج لسداد دين الأوكسجين لعدة ساعات (الشكل ٣٠-١٥).

وتوضح الصورة الموجودة في الشكل (٣٠-١٥) سببا كيميائيا حيويا لنجاح استخدام التدريب على فترات (Interval training) للمتسابقين في الجرى. ويتكون التدريب على فترات من الجرى المتبادل القصير (مثل ٣٠ ثانية) مع فترة راحة قد تصل إلى مرتين أو ثلاث مرات لطول مدة الجرى القصير. وإذا كان طول مدة الجرى قصيرة لدرجة كافية، عندئذ فقط سيساهم تكسير فوسفات الكرياتين في دين الأوكسجين. وعلى خلاف دين حمض اللاكتيك، فإن هذا الدين يمكن سداده بسرعة أثناء فترة الشفاء بعد انتهاء عملية السباق. ثم يكرر المتسابق التتابع. وبهذه الطريقة قد يجمع متسابق جاد عشرة أميال أو أكثر من الجرى عند أقصى سرعة أثناء الركض في أي وقت فيما بعد الظهيرة. ويعتبر هذا اكثر بكثير عما يمكن الوصول اليه بمحاولة جرى نفس المسافة الكلية في جرية واحدة أو في عدة جريات قليلة.

٣٠-١٠. عضلة القلب CARDIAC MUSCLE

تتكون عضلة القلب من ألياف متداخلة مخططة (الشكل ٣٠-١٦) وإذا مانظرت إلى الشكل (٢٣-١٧)، سترى أن اللفيفات تسير تقريبا موازية لبعضها البعض وتنظيم الساركوميرات بها مشابه لذلك الموجود في العضلة الهيكلية. وعلى أية حال، فلفيفات عضلة القلب تكون متفرعه في الغالب والميتوكونديا اكثر وجودا بهاعنها في ألياف العضلة الهيكلية.

وتختلف عضلة القلب عن العضلة الهيكلية في فسيولوجيتها أيضا. فالنبض الذي يتسبب عن انقباض عضلة القلب يتولد ذاتيا. وحقيقة أن الأعصاب السيمبثاوية والباراسيمبثاوية تذهب إلى القلب ولكن تحكمها هو كمساعد فقط وحتى عند تلفها يستمر القلب في النبض طالما يتوفر الجلوكوز والأوكسجين. وأي حرمان من الأوكسجين، كالذي يحدث عند قفل الشرايين التاجية (انظر قسم ٢٣-٨) ينتج عنه بسرعة موت جزء عضلة القلب الذي به الحرمان. وعضلة القلب ليست كالعضلة







شكل ٣٠-١٦. أنواع العضلات الثلاثة الموجودة في الفقاريات كما تظهر تحت الميكروسكوب العادى. العضل الهيكلي وعض القلب يتكون كل منها من ألياف طويلة عديدة الأنوية. العضل اللاارادى (الأملس) مكون من خلايا فردية مغزلية - الشكل. (العضل الهيكلي بتصريح من مؤسسة وارد للعلوم الطبيعية. العضلات الأخرى بتصريح من تيرتوكس).

الهيكلية، لها فترة انكسار أطول من فترة الأسترخاء. ولذلك، ليس من المحتمل حدوث تيتانوس (Tetanus).

٣٠-١١. العضل الأملس SMOOTH MUSCLE

كل ليفة عضلية ملساء هي خلية واحدة مغزلية وبها نواة واحدة (الشكل ٣٠-٦)، وترتب الخلايا في رقائق أي صفائح (sheets) ويسمى العضل الأملس كذلك بالعضل الغير مخطط اذ أنه خال من التخطيط العرضي الذي يشاهد تحت الميكروسكوب في العضل الهيكلي. وعلى العموم، تحتوي الخلية على الخيوط السميكة والخيوط الرفيعة المكونة من الأكتين والميوسين، وتلك الخيوط مرتبة في لفيفات (Fibrils) تنقبض. ولازالت طريقة انتاج تلك اللفيفات لقوة الأنقباض في العضل الأملس تحت البحث الجاد.

وقد تنقبض العضلة الملساء اختياريا ولكنها مبدئيا محكومة بالخلايا العصبية الموصلة للجهاز العصبي السيمبثاوي والباراسيمبثاوي. وكما تفرز الخلايا العصبية الخلف عقدية الباراسيمبثاوية مادة (ACh) عند نهايات محاورها (Axons) تماما كما تفعل الخلايا العصبية الموصلة في الجهاز الحسى-الجسماني. وعادة تفرز الخلايا العصبية السيمبثاوية الخلف عقدية النورادرينالين. ويختلف تأثير النورادرينالين على قطعة من العضل الأملس تبعا للعضل نفسه ولكنه دائما تأثير متضاد. فإذا ما نبه ACh العضل يمنعه

النوردادرينالين والعكس بالعكس . وعلى سبيل المثال، ينبه (ACh) انقباض الجدار العضلي للأمعاء بينما يمنعه النورادرينالين. ومن جهة أخرى يمنع (ACh) انقباض الجدر العضلية للشرايين الموردة للدم إلى الأحشاء بينما ينبه النورادرينالين انقباضها.

وعمل العضل الأملس أبطأ بكثير من عمل العضل الهيكلي، اذ قد يستغرق العضل الأملس ٣ ثوان إلى ٣ دقائق كي ينقبض. وعلاوة على ذلك، يختلف العضل الأملس عن العضل الهيكلي في قدرته على البقاء منقبضا عند أطوال مختلفة، وتسمى مثل هذه الحالة الأنقباض الجزئى – Tonus' ولكن بخلاف الأنقباض الجزئى في العضل الهيكلي، يبدو أن هذا الأنقباض الجزئى في العضل الأملس لا يحتاج لتنبيه مستمر وانتاج طاقة.

مؤثرات أخرى OTHER EFFECTORS

٣٠-١٢ . الأهداب والأسواط CILIA AND FLAGELLA

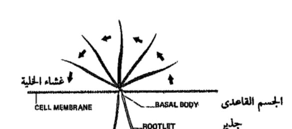
الأهداب والأسواط زوائد كالكرباج موجودة على السطح الخارجي لأنواع كثيرة من خلايا حقيقيات النواة (Eukaryotic) فإذا ماوجد واحد أو قليل من تلك الزوائد، فانه يطلق عيها اسم أسواط (Flagella) وإذا ما وجد العديد منها فانه يطلق عليها اسم أهداب (Cilia) وتميل الأسواط لأن تكون أطول من الأهداب ولكن فيما عدا ذلك فانها تشبهها تماما في التركيب.

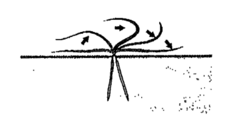
وفائدة الأهداب والأسواط هي تحريك السائل الخارجي الخلوي المحيط بالخلية وفي حالة الخلايا الفردية مثل *Chlamydomonas* (الشكل ٩-٦) أو خلية منوية، تسبب حركة الأهداب أو الأسواط اندفاع الخلية خلال الوسط الذي تعيش فيه. وعلى هذا، فان الأهداب والأسواط هي تراكيب حركية للكثير من الخلايا الفردية.

وفي غالبية الحيوانات (فيما عدا الحشرات)، توجد الأهداب على الأسطح المعرضة لبعض الخلايا الطلائية. وفي تلك الحالات، تكون وظيفتها تحريك بيئة سائلة على الخلايا. وفي الباب الواحد والعشرين، رأينا كيف أن الضرب المنظوم (Rhythmic) للأهداب على خياشيم حيوان الكلام (Clam) يعمل على استمرارية سحب المياه العذبة. وفي نفس الباب، لاحظنا كذلك الوظيفة الهامة للخلايا الهدبية في ممراتنا

الهـوائية في تخليص تلك الممـرات من الأتـربة المستنشقة وأمثالها. وفي هذه الحالة، فالضرب المنـظوم للأهـداب يمسح فيلما من المخاط المحمل بتلك المواد تجاه الحلق (الـزور Throat) ويظهـر الميكروسكوب الاليكتروني أن الأهداب والأسواط لها نفس الـتركيب الأسـاسي. ويتكـون كل هذب أو سوط من صف اسـطواني من الخيوط البروتينية، توجد تسعة من تلك الخيوط على مسافات متساوية حول سطح الأسطوانة، وكل خيط سطحى من تلك الخيوط التسعة يتكون من أنبوبة دقيقة (أنظر قسم ٥-١٦) مع أنبوبة دقيقة جزئية أخرى متصلة بها. وهذا يعطي الخيط مظهر الرقم (8) عند رؤيته في القطاع العرضي (الشكل ٣٠-١٧). ولا تمتد الأنبوبة الدقيقة الجزئية في كل خيط طويلا للخارج في طرف الهدب مثلما تمتد الأنبوبة الدقيقة الكاملة المجاورة لها. ويسير خلال مركـز الحـزمـة أنبوبتان دقيقتان منفردتان، مكملتان للنظام المسمى ٩ + ٢. ويكون كل التجميع السابق ذكرة مغلفا بغشاء هو ببساطة امتداد لغشاء الخلية.

وكل هدب (وسوط) متصل بجسم قاعدى (Basal body) مغمور في السيتوبلازم. والأجسام القاعدية تشابه الأجسام المركزية (Centrioles) (أنظر قسم ٥-١٧) وهي، في الحقيقة، ناتجة فيها. وعلى سبيل المثال، فان أحد الأجسام المركزية في خلية منوية ناشئة تصبح جسما قاعديا وهذا ينتج سوطا بعد أن يكمل دورة في توزيع الكروموسومات أثناء انقسام الخلية (أنظر قسم ٩-٢).





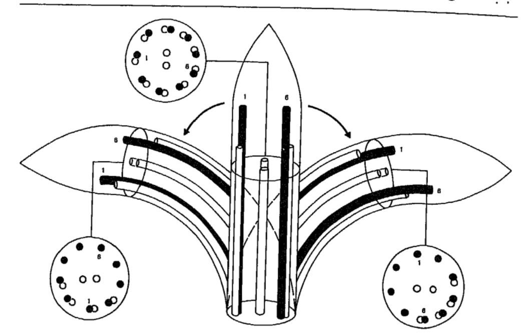
الشكـل ٣٠-١٧. أعـلى: صورة الكترونية لهدب واحد (قـطاع عرضـى). لاحظ النـظام المميـز للأنـابيب الدقيقة. أسفل: رسم لهدب واحـد.ضربـة القـوة تشاهد أعلى الصورة، ضربة النقاهة تشاهد أسفل الصورة.

وكما تعلمنا في الباب الخامس، تخلق الأنابيب الدقيقة من وحدات متكررة من البروتين تيوبيولين (Tubulin) (أنظر الشكل ٥-١٩)، كما توجد كميات أقل من بروتينات أخرى في الأهداب. وأحد تلك البروتينات والمسمى داينايين (Dynein) يكون أذرعة تمتد من أنبوبة دقيقة كاملة لأحد الخيوط إلى انبوبة دقيقة جزئية للخيط المجاور.

وتسبب الأهداب والأسواط أنواعا كثيرة من أعمال الضرب (Beating) فبالنسبة للأهداب ، تكون أحد تلك الضربات المنتشرة هي الحركة المجدافية (Rowing motion) والتي يمتد فيها الهدب أثناء ضربة القوة Power stroke وينحنى أثناء ضربة النقاهة " Recovery stroke " (الشكل ٣-١٧). وحركة السوط في الغالب اكثر تعقيدا، إذ تشمل حركات تموجية وحركات سوطية.

وكيف إذن تعمل الأهداب ؟ قد يذكرك التنظيم الدقيق لجهاز الخيوط المرتبطة بجسور من الديانين (Dyenin) بنظرية الخيط المنزلق لأنقباض العضل الهيكلي. فهل يستطيع انزلاق خيوط الأنابيب الدقيقة للأهداب أن تنتج عملية الثنى (Bending) ؟ الجواب نعم، إذا ما افترضنا أنه يوجد بعض الأحتكاك بين الأنابيب الدقيقة المنزلقة . فكيف اذن يمكن اختبار مثل هذا النموذج ؟ أنت تتذكر أن الأنابيب الدقيقة الجزئية لا تمتد بعيدا للخارج في طرف الهدب كما تفعل الأنابيب الدقيقة الكاملة والتي يتصل بها كل منها. فإذا ما قمنا بعمل شريحة (Slice) على مسافة قصيرة خلف طرف هدب قائم سنري النظام النموذجي ٩-٢ ولكن إذا عملنا مثل نفس الشريحة ولكن خلال هدب مائل (الشكل ٣٠-١٨، إلى اليمين)، فان نصف عدد الخيوط تقريبا (في الجانب العلوي) يجب أن تنكمش، وهذا يسبب وجود الطول الأكبر للقوس على الجانب المحدب. ويحتمل في مثل تلك الحالة أن نتوقع أن أنابيبها الدقيقة الجزئية قد انسجت أسفل مستوى الشريحة، وبذلك فان الأنابيب الدقيقة الكاملة لتلك الخيوط هي الممكن رؤيتها . وعندما ينثنى الهدب للجهة الأخرى (الشكل ٣٠-١٨ يسار) تختفي المضاعفات (Doublets) الموجودة على الجهة الأخرى بينما تظهر ثانية على ماهو الآن على الجانب السفلي أو المقعر. وتوضح الصورة الألكترونية هذه التوقعات تماما.

وتوجد مطابقات أخرى بين الخيوط المنزلقة للعضل الهيكلي وبين الأنابيب الدقيقة المنزلقة للأهداب. فالعملية في كلتا الحالتين يقويها (ATP) والكباري العابرة للدينانين (Dynein) مثل الكباري العابرة للميوسين، هي إنزيم (ATPase) . ويوجد أيضا دليل

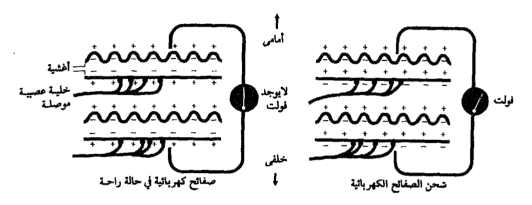


شكل ٣٠-١٨. توقعات انزلاق الانابيب الدقيقة في حركة الأهداب. ثنى الهدب يجبر الخيوط الموجودة على الجانب المقعر تجاه الطرف (بسبب القوس الأقصر المتكون). وقطاع عرضى خلف الطرف مباشرة يوضح مجموعة واحدة من تلك الأنابيب الدقيقة المزدوجة (أرقام ٣-٦) أثناء ضربة واحدة (يمين) والمجموعة المقابلة (أرقام ٩، ١، ٢، ٣) أثناء ضربة الاسترداد (يسار). ولقد وضحت الصور الاليكترونية هذه التوقعات تماما (بناء على أبحاث بيترساتير).

قوي على أن أيونات الكلسيوم تلعب دورا هاما في تنظيم حركة الأهداب تماما كما تفعل في الياف العضل الهيكلي.

٣٠-١٣. أعضاء احداث الكهرباء ELECTRIC ORGANS

يوجد في بعض الأسماك (على سبيل المثال، ثعبان السمك الكهربائي في أمريكا الجنوبية) أجهزة كهربائية وهي كتل من الخلايا المفلطحة تسمى بالصفائح الكهربائية (Electroplates) والمكومة في صفوف أنيقة بطول جوانب الحيوان. والسطح الخلفى وليس السطح الأمامى لكل صفيحة كهربائية مزود بالخلايا العصبية الموصلة وعند الراحة يكون داخل كل صفيحة كهربائية مثل أي عضل أو خلية عصبية، ذو شحنة سالبة بالنسبة للسطحين الخارجيين. والقدرة هي نحو ٠,٠٨ فولت ولكن، نظرا لتغيير الشحنة (الشكل ٣٠-١٩). لاينساب أي تيار وعندما يصل أي نبض عصبي إلى السطح الخلفى، على أية حال، ينعكس استقطابة. ويزيد إفراز (ACh) بواسطة



الشكل ٣٠-١٩. طريقة عمل الصفائح الكهربائية في ثعبان سمك أمريكا الجنوبية.تعكس النبضات العصبية الواصلة إلى الأغشية الخلفية جهدها وتتسبب في أن تعمل كل صفيحة كهربائية مثل خلية في بطارية. وينتج من عدة آلاف من تلك الخلايا مرتبة في مجاميع نحو ٦٥٠ فولت.

الخلايا العصبية من نفاذية الغشاء الخلفى لدخول أيونات الصوديوم كي يحدث انعكاس ذاكرة في الشحن، تماما كما يحدث في جهد فعل الأعصاب والعضلات. (في أغلب الأسماك، تكون الصفائح الكهربائية ما هي الا خلايا عضلية محورة). وتبقى الأسطح الأمامية موجبة الشحنة ولكن تصبح الأسطح الخلفية سالبة الشحنة. وتعيد الشحنات الان تقوية بعضها البعض ويسير التيار تماما كما يفعل خلال بطارية كهربائية بها خلايا مربوطة بأسلاك في مجاميع Series" وتنتج الفولتات المرتفعة مثل ٦٥٠ فولت من عدة مئات أو آلاف من الصفائح الكهربائية في ثعبان سمك أمريكا الجنوبية. ويكون سريان أمبيراج (Amperage) التيار كافيا (١/٤ - ١/٢ أمبير) ليصعق ان لم يقتل انسان. يمكن تكرار نبض التيار عدة مئات من المرات كل ثانية.

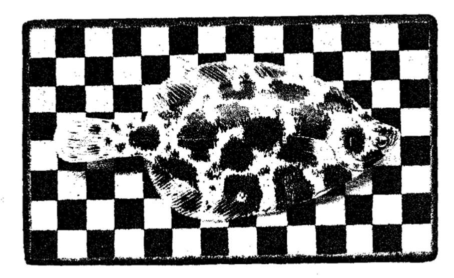
وتستخدم مثل تلك الأعضاء الكهربائية القوية كتلك الموجودة في ثعبان السمك الكهربائي كأسلحة للدفاع أو للهجوم (لصدم الفريسة كهربائيا وكذلك الأعداء الطبيعية المحتملة، على التوالي). وعلى أية حال، فان الشحنة الكهربائية للكثير من الأسماك الكهربائية تكون ضعيفة جدا لأداء مثل تلك الأغراض.وفي تلك الحيوانات، تخدم الأعضاء الكهربائية أنواعا مدهشة من وظائف اعطاء الأشارات (Signaling) إذ تصدر أغلب هذه الأسماك ذيلا مستمرامن الأشارات الكهربائية لأكتشاف الأشياء في الماء الموجود حولها. ويعمل هذا الجهاز كالرادار تحت الماء، بالطبع، يعتمد في نجاحه على وجود مستقبلات حساسة للكهرباء (موجودة في الجلد). ويشوه وجود الأشياء في الماء الحقل الكهربائي الذي يصنعة السمك وتكتشف المستقبلات هذا التغيير

(التشـويه). وتستخـدم الأسـماك الكهـربـائية أيضـا عوامل بثها الكهربائية وعوامل استقبالها لمثل وظائف الأتصالات هذه مثل العثور على زميلاتها، الغزل، الدفاع عن مواطنها ضد المنافسين من نفس النوع، - في بعض الحالات- جذب عضو آخر من نفس النوع للالتحاق بمدارسها وتجمعاتها الأخرى.

وليس للأسماك الكهربائية فقط مستقبلات لأكتشاف التيارات الكهربائية في الماء ولكن على الأقل يفعل ذلك أيضا أحد الأنواع الغير كهربائية وربما يستخدم هذا النوع الغير كهربائي من الأسماك تلك التيارات الكهربائية الموجودة في الماء في اكتشاف قرب وصول الأسماك الكهربائية.

٣٠-١٤ . الكروماتوفورات CHROMATOPHORES

الكـرومـاتـوفورات عبارة عن خلايا غير منتظمة الشكل تحتوي على أصباغ مثل الميلانوفورات (Melanophores) الموجودة في الضفدعة (شكل ٢٧-٩) وبتغيير توزيع الأصباغ في تلك الخلايا، يستطيع الحيوان أن يغير لون جسمه ويتحول إلى لون البيئة المحيطة به. ويوضح الشكل (٣٠-٢٠) كيف يمكن أن تكون فعالية هذه الطريقة المدهشة. وأظهر العديد من التجارب أن تلك التغييرات الدفاعية في لون الجسم تحتاج إلى وجود الأعين والجهاز العصبي. وعلى أية حال، لاتنشط الخلايا العصبية الموصلة في



الشكل ٣٠-٢٠ . فلاوندر الشتاء يستريح على لوح مقسم إلى مربعات ويوضح كيفية استغلاله للكروماتوفورز في التمويه (بتصريح من المتحف الحفلى للتاريخ الطبيعي).

تلك الكروماتوفورات مباشرة في البرمائيات والقشريات، إذ بدلا من ذلك تنقل الهورمونات المنبه من الجهاز العصبي المركزي إلى الكروماتوفورات.

٣٠-١٥ . أعضاء التألق LUMINESCENT ORGANS

تعطى الكثير من الحيوانات البحرية ضوءا مرئيا، هذا على الخصوص أمر عادي في تلك الأنواع التي تعيش في ظلام أعماق المحيطات. وفي بعض الحالات ينتج الضوء من بكتيريا مضيئة والتي تلتصق بمركبات خاصة على جسم الحيوان (الشكل ٣٠-٢١).

ويعكس الأنتشار الواسع لوجود أعضاء التألق في حيوانات أعماق البحار الظلام الدائم الذي تعيش فيه تلك المخلوقات. توجد على الأقل سمكة واحدة يوجد جهازها المضيء عند طرف ساق بارز تستخدمة كطعم لجذب الفريسة التي في متناول فكوكها. وعند مضايقتة، يفرز أحد أنواع الأخطبوط المسمى (Squid) من فراغ البرنس (Mantle) ماءا مضيئا سحابى اللون بدلا من ستارة الدخان الدفاعية من البحر والتي يستخدمها أقاربة الذين يعيشون في المياة الضحلة. وفي بعض الحيوانات البحرية التي تعيش أقرب إلى السطح توجد أعضاؤها المضيئة على سطحها السفلي، وربما يجعل ذلك صعبا على





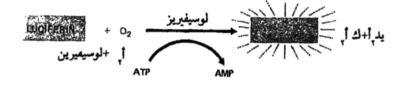
الشكل ٣٠-٢١ . سمكة النور الساطع، *Photoblepharon palpebratus* بغطاء عضو التألق بها مفتوحا (يسار) ومقفلا (يمين). ينتج الضوء باصدار بكتيريا مضيئة بداخل التألق باستمرار، ولكن عملها تتحكم فيه السمكة. وهذه الحيوانات، والتي تم تصويرها عند شعب مرجانية في خليج إيلات، يظهر أنها تستخدم أعضاء التألق بها لأغراض مختلفة مثل جذب الفريسة، اعطاء اشارات أفراد أخرى من نفس النوع، وارباك أعدائها الدائمين، (بتصريح من الأستاذ ج. و. هيستنجس عن مورين وزملاؤه، مجلة العلوم Science- ١٩٠=٧٤، اكتوبر ٣، ١٩٧٥).

أعدائها المفترسة التي تكمن تحتها أن تراها ضد الخلفية المضيئة للسطح. وتعمل الأعضاء المضيئة كذلك على جذب الرفقاء وبذلك تضمن وضع البيض والحيوانات المنوية بجوار بعضه البعض.

و لدى اغلبنا دراية باضاءة ذبابة النار (Firefly)واصدار الضوء دوريا والذي نراه كثيرا في أمسيات الصيف الحارة ينتج عن أعضاء تألق خاصة في بطن الذبابة المذكورة طريقة مفهومة الآن جيدا إذ تتدخل فيها مادة لوسيفيرين Luciferin) وانزيم لوسيفيريز (Luciferase) والأكسجين، (ATP) (الشكل ٣٠-٢٢)، وكلما توفر (ATP) اكثر، كلما زاد بريق الضوء. وفي الحقيقة يوجد عل الأقل شركة واحدة لتصنيع الكيماويات تبيع ذيول Tails" مطحونة لذبابة النار لأستخدامها في تحديد تركيز (ATP) في المواد الكيميائية الحيوية المختلفة. وتضاف المادة المحتوية على (ATP) إلى خلاصة محضرة بعناية من ذيول ذبابة النار، ثم تقاس كمية الضوء المنبعثة بعداد حساس للضوء وتزود الشركة نفسها باستمرار بذباب النار المجمد بواسطة شباب صغار في الجزء الجنوبي للولايات المتحدة والذين يكسبون المزيد من المال باصطياد الحشرات وبيعها لتلك الشركة.

ولقد تم جيدا توضيح أن ذكور واناث ذباب النار تجذب بعضها البعض باصدارها الومضات الضوئية. ويختلف نظام اصدار تلك الومضات من نوع لاخر. وفي أحد الأنواع، تحاكي الإناث النظام المستخدم بواسطة إناث نوع آخر. وعندما يستجيب ذكور النوع الآخر لهذا الموت الأنثوي، فانها تؤكل!

المستقبلات، الأعصاب، المؤثرات: تلك هي التراكيب التي تجعل الحيوانات قادرة على اكتشاف التغييرات في بيئتها، الخارجية والداخلية، واستجابتها بطرق سليمة ومتوافقة لتلك التغييرات.



الشكل ٣٠-٢٢. كيمياء التألق في ذبابة النار (Fire fly) (AMP = أرينوزين أحادي الفوسفات). الدينوسين رابطة – تحت نهائية مستخدمة).

وعند توجيه تلك الأستجابات خارجيا ، كما في الحركة أو التنقل ، نقول أن الكائن يظهر سلوكه . وستتم دراسة بعض الطرق المختلفة التي يتصرف بها الكائن في الباب التالي .

ملخص الباب CHAPTER SUMMARY

توجد بالحيوانات الفقارية ثلاثة انواع من العضلات : القلبية ، الملساء ، والهيكلية ، وتحول الأنواع الثلاثة الطاقة الكيميائية إلى قوة ميكانيكية . وتظهر القوة بالأنقباض فقط ولذلك ، توجد العضلات الهيكلية في أزواج تحرك المفاصل في اتجاهات متضادة .

والألياف العضلية هي عناصر الأنقباض في العضل الهيكلي . ولكى تنقبض لابد من تنشيط تلك الألياف . وتعمل النبضات العصبية التي تصل إلى نهايات خلية عصبية موصلة على افراز (ACh) على الألياف العضلية . ويبدأ (ACh) في احداث جهد فعل في الألياف . وكل خلية عصبية موصلة لها فروع تنتهي على عدد (٢ أو ٣ إلى عدة آلاف) من الألياف العضلية المختلفة . وصف الألياف الذي يتم تنشيطة بواسطة خلية عصبية موصلة واحدة يسمى وحدة موصلة . واستجابة الوحدة الموصلة وكذلك إستجابة الألياف الموجودة بها هي كل- أو- لاشيء ، أي أنه عند تنشيطها تنقبض جميع الألياف في الوحدة الموصلة وتنقبض كلها لأقصى درجات الأنقباض . وبذلك فان درجة انقباض عضل هي وظيفة عدد من الوحدات الموصلة التي تم تنشيطها .

ويحدث انقباض الليفة العضلية بواسطة الحركة المنزلقة للصفوف المتداخلة للخيوط السميكة (المكونة من الميوسين) والخيوط الرفيعة (المكونة من الأكتين ، التروبوميوسين ، التروبونين) .

وتزود الطاقة اللازمة للأنقباض بواسطة (ATP) والذي بدورة يتم تزويده بواسطة التنفس الخلوي . وفي أوقات النشاط الشديد ، عندما تضطر العضلات للعمل تحت ظروف لاهوائية جزئيا ، يتم تزويد (ATP) بتكسير فوسفات الكرياتين وبالتحلل الجليكوجيني .

ويتم بدء حركة الخيوط السميكة والخيوط الرفيعة بافراز أيونات الكالسيوم من الشبكة الساركوبلازمية وارتباطها بالتربونين على الألياف الرفيعة ويبدأ إفراز الكالسيوم

بجهد الفعل الذي يحمل عميقا إلى داخل الليفة بالجهاز - ت (T — System).

ويبدو أن ضربات الأهداب تشترك في انزلاق الخيوط المتداخلة والتي تنشأ في هذه الحالة من الأنابيب الدقيقة.

والأعضاء الكهربائية عبارة عن كتل من الخلايا العضلية المحورة. ويخلق تجمع جهود الفعل الفردية في تلك الخلايا تيارا تستخدمه الأسماك الكهربائية لأغراض كالدفاع. الملاحة، المواصلات.

تمارين ومسائل: EXERCISES AND PROBLEMS

١ ـ لخِّص التغييرات الكيميائية التي تحدث في عضلات الرجل لمتسابق لمسافة ميل واحد من وقت اطلاق بندقية منظم بداية السباق إلى أن يتم راحة المتسابق.

٢ ـ اذكر الوظائف المختلفة التي يقوم بها الهيكل واذكر مثلا محددا للعظام التي تقوم بكل وظيفة.

٣ ـ كيف يختلف التخمر في العضلات الهيكلية عن تخمر الخميرة؟

٤ ـ في أي شيء تشبه فسيولوجية العضل الهيكلي فسيولوجية الخلية العصبية الموصلة؟ وفي أي شيء تختلف؟

٥ ـ قارن بين التيتانوس والتوناس في العضلات الهيكلية.

٦ ـ كيف يمكنك توفيق الأستجابة المتدرجة للعضلات الهيكلية مع قانون الكل أو لاشيء؟

٧ ـ في أي شيء تشبه فسيولوجية الصفائح الكهربائية للأعضاء الكهربائية فسيولوجية العضل الهيكلي؟

٨ ـ كيف تصف استجابة العضل الموضحة في شكل (٣٠-٨) إذا ما أضيف وزن كثير إلى الرافعة التي لم يستطع العضل أن يرفعها؟

٩ ـ يكون حمض الأوكساليك راسبا غير ذائب مع أيونات الكالسيوم. ماذا يمكن أن يحدث إلى (أ) حجم جهد الفعل، (ب) قوة الأنقباض إذا ما أدخل حمض الأكساليك في ليفة عضلية معزولة؟

١٠ ـ ماذا يكون التأثير على حجم نهاية جهود صفائح على غمر تحضير لعصب عضل معزول (من ضفدعة) بمحلول يحتوي على كل من:

(أ) نيوستجمين (الذي يمنع عمل الأسيتايل كولين استيريز)،
(ب) د - تيوبوكوراين [الذي يتنافس مع (ACh) لربط المواقع على غشاء العضل]،
(ج) هيميكولينيام [الذي يتدخل مع تخليق (ACh) بداخل نهايات الأعصاب]،
(د) فقط ١/١٠ التركيز العادي لأيونات الصوديوم الموجودة في السائل الخارج خلوي،
(هـ) أوابين (Oubain) (الذي يقلل النقل النشط لأيونات الصوديوم وأيونات البوتاسيوم)،
(و) ديكاميثونيام (Decamethonium) (الذي يحاكى فعل (ACh) ولكنه لايتحلل مائيا بالأسيتايل كولين استيريز)؟
ماذا يكون تأثير كل مما سبق على حجم أي جهود - فعل متولدة؟

المراجع REFERENCES

1 - BULLER, A.J. The Contractile Behavior of Mammalian Skeletal Muscle, Oxford Biology Readers, No. 36, Oxford University Press, Oxford, 1975.
2 - HUXLEY, H. E., 'The Mechanism of Muscular Contraction," Scientific American, Offprint No. 1026, December 1965.
3 - MURRAY, J. M., and ANNEMARIE WEBER, "The Cooperative Action of Muscle Proteins," Scientific American, Offprint No. 1290, February, 1974. An excellent and well-illustrated summary of the interactions of calcium ions, troponin, tropomysin, and actin in muscle contraction.
4 - PORTER, K. R., and CLARA FRANZINI-ARMSTRONG, "The Saracoplasmic Reticulum," Scientific American, Offprint No. 1007, March, 1965.
5 - MARGARIA, R. "The Sources of Muscular Energy," Scientific American, Offprint No. 124, March, 1972.
6 - SATIR,P., "How Cilia Move," Scientific American, Offprint No. 1304 October, 1974.
7 - LISSMANN, H. W., "Electric Location by Fishes," Scientific American, Offprint No. 152, March, 1963.

8 - MCELROY, W. D., and H. H. SELIGER, "Biological Luminescence," Scientific American, Offprint No. 141, December, 1962.

9 - MCCOSKER, J. E., "Flashlight Fishes," Scientific American, Offprint No. 693, March, 1977. Describes their remarkable luminescent organs and the uses to which they are put.

10- LLOYD, J. E., "Mimicry in the Sexual Signals of Fireflies," Scientific American, July, 1981.

CHAPTER 31 الباب الحادى والثلاثون

THE ELEMENTS OF BEHAVIOR عناصر السلوك

الباب الحادي والثلاثون
عناصر السلوك

٣١-١ . ما هو السلوك : WHAT IS BEHAVIOR

السلوك هو الفعل الذي يغير العلاقة بين الكائن وبيئته وهو نشاط موجة خارجياً ولا يحوي التغييرات الداخلية الكثيرة والتي تحدث دائما في الكائنات الحية.

وقد يحدث السلوك كنتيجة لمنبه خارجي، المستقبلات ضرورية لأكتشاف المنبه، وتقوم الأعضاء المنفذة (Effectors) في الواقع بالعمل. وقد يحدث السلوك كذلك كنتيجة لمنبة داخلي، فالحيوان الجائع يبحث عن الغذاء، والحيوان العطشان يتصرف بطريقة تؤدي إلى التخلص من العطش. وغالبا ينتج سلوك الكائن من اتحاد المنبهات الخارجية والداخلية. فالمنبهات الداخلية، كالجوع، يزود الدافع (Motivation) لأتخاذ الفعل إذا ما رأينا بالفعل الغذاء أو شممنا رائحته.

وعند دراسة السلوك، يكون من المستحسن محاولة التفرقة بين أشكال السلوك الغريزى والسلوك نتيجة التعلم. والسلوك الغريزى هو استجابات طبيعتها، بالمقاس الواسع، محددة بممرات مورثة من التنسيق العصبي، وهو في الغالب غير مرن، إذ يتسبب منبة معين في حدوث استجابة معينة. فحيوان السلاماندر المربى بعيدا عن الماء لمدة طويلة بعد أن يكون أبناء عمومتة قد بدأت بالفعل السباحة بنجاح، يعوم في كل جزء من الماء وكأنه كان طوال الوقت موجودا في الماء مع أقرانة. وواضح أن هذه الأستجابة المتقنة مبنية داخليا (Built in) في النوع وليست شيئا لابد من الحصول عيها بالتمرين. والسلوك التعلمي (نتيجة التعلم) من جهة أخرى، هو السلوك الذي أصبح

متغيرا على الدوام كنتيجة لتجربة الكائن بمفرده . وفقط بالتدريب المستمر يمكن للمرء أن يتعلم لعب كرة السلة جيدا . وبين هذه المتضادات ، توجد أشكال من السلوك يظهر فيها تأثير السلوك الغريزى والسلوك التعلمى مجتمعين . فلقد أوضح العالم هيلمان (Hailman) أن سلوك النقر (التلقيط Pecking) في طيور النورس (Seagull) الحديثة الفقس ، والتي كان يعتقد أنه سلوك غريزى لمدة طويلة ، هو بدون شك متأثر بقوة بتجربة الطير الصغير المبكرة . (ويمكنك القراءة عن نتائج أبحاثة في مقالته المدونة في نهاية هذا الباب) .

السلوك الغريزى : INNATE BEHAVIOR

٣١-٢ . السلوك في النباتات BEHAVIOR IN PLANTS

يبدو أن السلوك في النباتات هو سلوك غريزى ، إذ أن كل أفراد أي نوع واحد تستجيب بنفس الطريقة الغير مرنة لأي منبه معين ، ولا يوجد شيء تطوعى (ارادى) عن أي استجابة نباتية .

ولا تملك النباتات جهازا عصبيا ، كما رأينا في الباب السادس والعشرين ، فالسلوك النباتي محصور في حركات النمو الطولى والنمو في السمك . وتسمى الحركات التي يحدد اتجاهها بالأتجاه الذي يضرب فيه المنبه النبات إنتحاءات (Tropisms).فانثناء نبات الشوفان تجاه مصدر ضوء مثلا هو استجابة ضوئية موجبة (انظر قسم ٢٦-٢) والحركات العامة ، أي ، الحركات التي لاتوجه لأي اتجاه معين ، تسمى بالحركات التلقائية (Nas-tic) وانفتاح أزهار التيوليب في الأيام الدافئة هو انفتاح حرارى تلقائي (Thermonasty).

٣١-٣ . التكليف TAXES

تستجيب بعض الكائنات لمنبه بالتحرك أوتوماتيكيا تجاهه أو بعيدا عنه أو تجاه زاوية معينة منه ، تسمى هذه الأستجابات بالتكليف (Taxes) وهي مشابهه للأنتحاءات الموجودة في النباتات فيما عدا أنه هنا تتطلب الحركة الفعلية الكائن بأكملة . وحتى كائن بسيط مثل البكتيريا *E. coli* ، يقوم بهذا السلوك ، إذ عنه وضع أنبوبة شعرية محتوية على مادة مثل الجلوكوز في بيئة تحتوي على *E. coli* ، تغير البكيريا نظام حركتها بطريقة تجعلها تتجمع قرب مصدر المادة (الشكل ٣١-١) . وتسمى هذه الأستجابة بالتكليف

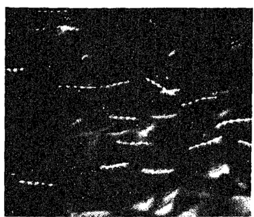


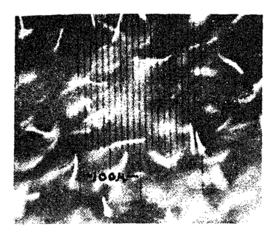
شكل ٣١-١ : التكليف الكيميائي في E. coli. تجمعت البكتريا عند فتحة أنبوبة شعرية مملوءة بمحلول ضعيف من حمض أميني (بتصريح من دكتور يوليوس أدلر عن ج. أدلر ، مجلة Science - ١٦٦، ١٥٨٨ - ١٥٩٧، ٢٦ ديسمبر، ١٩٦٩).

الكيميائي (Chemotaxis) والتي لاتعتمد على قدرة الكائن في تحليل المادة تحليلا غذائيا ولو أنه من المحتمل أن ذلك هو قيمة الأستجابة تحت الظروف العادية. وتستجيب *E. coli* بشدة لعدد من الجزيئات العضوية بجانب الجلوكوز، منها الجالاكتوز والحامض الأميني سيرين وحمض الأسبارتيك.

وغالبا ماتقوم الأحياء الدقيقة التي تقوم بالبناء الضوئي بعملية التكليف الضوئي (Phototaxis) فكلا الطحلب الأخضر *Chlamydomanas* (الشكل ٣١-٢) واليوجلينا *(Euglena)* يعومان مباشرة تجاه الضوء ذو الكثافة المعتدلة. وعلى أية حال، فكلما زادت كثافة الضوء، عند الوصول إلى نقطة معينة من الزيادة يعكس الطحلب واليوجلينا فجأة إتجاهها ويعومان بعيدا عن الضوء (وهي استجابة سلبية للتكليف الضوئي).

وإكتشف أن كثيرا من أنواع البكتيريا تعوم في اتجاه خطوط القوة المغناطيسية، اذ أنه في نصف الكرة الأرضية الشمالي، تعوم البكتيريا نحو الشمال. فماذا تكون أهمية التكيف لهذا التكليف المغناطيسي (Magnetotaxis) ؟ تعيش هذه البكتيريا في رواسب مائية وبحرية. وبسبب هذه الخيمة (البيئة المحيطة بالبكتيريا - Tilt) من خطوط قوة الأرض المغناطيسية، فان البكتيريا الباحثة عن الشمال في نصف الكرة الأرضية الشمالي، تسبح لأسفل. ولكائن دقيق مثل البكتيريا، لاتكون للجاذبية أي تأثير، لذلك توجد هنا ميكانيكية متبادلة والتي يمكن للبكتيريا المطرودة (المزاحمة) أن تجد طريقها ثانية إلى مكانها العادى. وإذا كان للجهاز أن يعمل في نصف الكرة الأرضية الجنوبي، لابد للبكتيريا من أن تكون باحثة صوب الجنوب،وأمكن مشاهدة ان هذه هي الحالة.





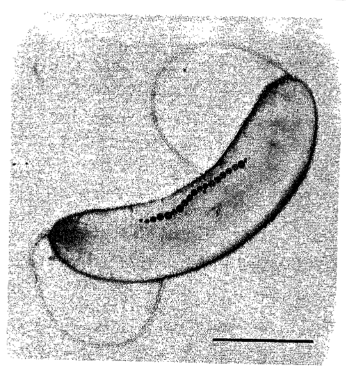
شكل ٣١ ـ ٢ التكليف التصويري في Chlamydomonas. يسار : آثار طرق موجهة عشوائيا تكونت خلال ١/ ٣ ثانيه بهذا الطحلب وحيدة الخلية الذي عوم في ضوء أحمر (والذي لا يحس به الطحلب). يمين: عند اضافة شعاع من الضوء الأزرق ـ الأخضر من جهة واحدة، توجه آثار الطرق (Tracks) تجاه هذا الشعاع. (بتصريح من دكتور مارى ايلافانيليب، جامعة تافتس).

فالميكروسكوب الألكتروني يظهر حبيبات دقيقة جدا بداخل البكتيريا (الشكل ٣١-٣)، وقد أمكن تعريف هذه المادة في أحد أنواع البكتيريا بأنها مادة الماجنيتايت (Magnetite) ($FeO . Fe_2O_3$).

٣١-٤ . ردود الفعل REFLEXES

الأنعكاسات (ردود الفعل) هي أبسط الاستجابات الغريزية الموجودة في الحيوانات التي بها جهاز عصبي. ورد الفعل هو استجابة أوتوماتيكية لجزء من الجسم لمنبه من المنبهات. والأستجابة تكون فطرية (Inborn) أي أن، طبيعتها تحدد بنظام مورث من المستقبلات، الأعصاب، والمؤثرات.

وفي الباب التاسع والعشرين، إستخدمنا رد الفعل الانسحابي كمثال لنا عن رد الفعل (الأنعكاسي)- والآن قد تعلمنا الكثير عن خواص العضل الهيكلي فلنختبر الآن مثلا ثانيا: الأنعكاس (رد الفعل) التمددي (Stretch reflex) ورد الفعل لهزة الركبة المعروفة هو رد فعل تمددي. ولقد نقر طبيبك بدون شك على ركبتك تحت الصابوبة بمطرقة ذات رأس من المطاط، كانت استجابتك بلاشك رفسة فجائية من أسفل الرجل. ومثل تلك الاستجابة هي استجابة تلقائية (أوتوماتيكية) تحتاج لعمل متقن من الحبل

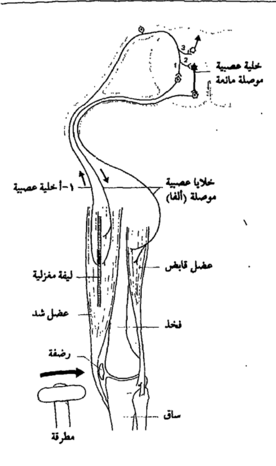


شكل ٣١ - ٣ : صورة الكترونية للحيوان Aquaspirillum magnetotacticum (٣٥٫٠٠٠ مرة). صف الأجسام الغامقة بداخل الخلية هي أجسام ماجنتايت، وتعمل كابره بوصله في هذا النوع (الذي وجد في بحيرات الماء العذبه في ولاية نيوهامبشاير) توجه حاملها تجاه القطب الشمالي. وبسبب ميل خطوة قوة المغناطيسية الأرضية، يسبب هذا السلوك في عوم البكتريا لأسفل وبذلك ترجع الى الرسوبيات التي كانت تعيش فيها. والبكتريا المغناطسية في نصف الكرة الجنوبي تصل الى نفس النتيجة بالسباحة نحو القطب الجنوبي. ويمثل القضيب ١ ملليميكرون. (بتصريح من ر. ب. بليكمور، ن. بليكمور).

الشوكي، ولا يحتاج المخ لأن يلعب أي دور فيها (ولو أنه يمكنك استخدام عقلك (مخك) لمحاولة تخطى رد الفعل).

ويوجه الطبيب المطرقة إلى وتر مثبت لعضل تمددي موجود أمام الفخذ (الورك) في أسفل الرجل (الشكل ٣١-٤) ونقر هذا الوتر يجعل عضل الفخذ يتمدد (Stretches) هذا بدوره ينشط مستقبلات الشد (التمدد) الموجودة بداخل العضل. وتتكون تلك المستقبلات من نهايات أعصاب حسية ملتفة حول ألياف عضلية خاصة تسمى الألياف المغزلية Spindle fibers ويسمى التركيب الكلى بمغزل العضل Muscle spindle.

ويتسبب شد ليفة مغزلية في بدء مجموعة من النبضات في الخلية العصبية الحسية (المسماة بالخلية العصبية أ-١ "I - a") المتصلة بها وتحمل تلك النبضات إلى داخل الحبل الشوكي. وتتفرع الأعصاب ١ - أ (axons 1 - a) بداخل الحبل الشوكي وتكون العديد من الأنواع التالية من النهايات العصبية Synapses.



شكل ٣١-٤: ميكانيكية رد فعـل هذه الـركبة، رد فعل امتـدادي. وشد ليفة مغزلية في عضل الشد يرسل مجموعة من النبضات العصبية خلال خلايـا عصبية ١ ـ أ إلى الحبل الشـوكي. وتنشط نهايـات الخـلايـا العصبيـة ١-أ (١) الخلايا العصبية الموصلة ألفا المـؤديـة إلى نفس عضـل الشـد، والتي تجعل العضل أن ينـقـبض، (٢) خلايـا عصبيـة رابـطة تمنـع الخلايا العصبية الموصلة ألفا المؤدية إلى العضـل القابض المضاد (٣) الخلايا العصبية الرابطة التي تخبر المخ عما حدث.

١ ـ تتقابل نهايـات بعض الأعصاب الحسية (١ - أ) مباشرة (Synapse) مع نهايات خلايـا عصبيـة موصلـة (تسمى خلايا عصبيـة موصلـة ألفـا "Alpha") والتي تحمل النبضات ثانية للخارج إلى العضل الذي تم تمددة (الشكل ٣١-٤). وانقباض هذا العضل، هو عضل تمددي (باسط)، يسبب تمدد الرجل بذلك ينتهي رد الفعل. لاحظ أن الأستجابة لاتستخدم أية خلايا عصبية بينية (رابطة) (يعكس رد الفعل الأنسحابي الذي اختبرناه في الباب التاسع والعشرين).

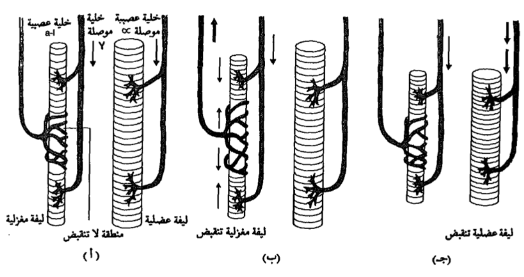
ولعلك تستغـرب عن كنـة أهمية هذه الأستجـابـة (بجانب اعطاء طبيبك بعض الدلائل عن حالة جهازك العصبي) وفي الحقيقة، فان رد الفعل هام جدا في الحفاظ على التوازن. فإذا، على سبيل المثال، استأصلت اصبع قدمك، فان بداية حدوث هذا الـرد فعل يحفظ رجلك من البكللـة (Buckling) تحتك.

٢ ـ بعض أفـرع الأعصـاب ١-أ المؤدية من مغـازل العضـلات تتقابل النهايات العصبية لها (Synapse) مع نهايات الخلايا العصببية الرابطة في الحبل الشوكي.

وهذه الخلايا العصبية الرابطة ، بدورها تتقابل نهاياتها عصبيا مع نهايات الخلايا العصبية الموصلة المؤدية إلى العضل المضاد ، وهو عضل قابض ، الموجود في ظهر الفخذ (الشكل ٣١-٤).وعلى أية حال ، فان هذه الخلايا العصبية الرابطة هي خلايا مانعة ، أي أن نشاطها يمنع هذه الخلايا العصبية الموصلة . وبذلك فان حركة الرجل بواسطة عضلات الشد يمكن تسهيلها بالمنع المتبادل للعضلات القابضة المضادة .

٣ ــ ورد الفعل التمددى ، بنفسه ، يلعب دورا هاما ، لكنه بسيط نوعا ، في السلوك . فالعضل يتمدد ويستجيب بالأنقباض ، ولكن آلة رد الفعل التمددى تفتح آفاقا (احتمالات) اكبر. وعلى أية حال ، فالجزء الوسطى من الليفة المغزلية ، حيث تنشأ الخلايا العصبية a-I ، غير قابل للأنقباض . وتنشط الألياف المغزلية بواسطة خلايا عصبية موصلة - تسمى خلايا عصبية موصلة جاما (Gamma) (الشكل ٣١-٥) .

والآن ماذا يحدث إذا أراد المخ ، مثلا ، القشـرة الموصلة (Motor Cortex) أن يجعل عضلات الشد في الرجل تنقبض؟ كل ما يمكن أن يفعلة هو ارسال اشارات لأسفل إلى الحبل الشوكي ولخـارج الخلايا العصبية الموصلـة الفــا (Alpha) إلى تلك العضلات ، وعندئذ تنقبض تلك العضلات . ولكن رد الفعل التمددى هو آلية أكثر دهاء ، فالخلايا العصبية الرابطة التي تحضر الأشارات لأسفل من المخ تتصل نهاياتها عصبيا (Synapse) أيضا مع النهايـات العصبيـة للخلايا العصبيـة الموصلـة جامـا (Gamma) وبذلك تتنبه الألياف المغزلية لتنقبض في نفس الوقت مثل الألياف الأخرى في بطن العضل . والان ، ماذا يحدث إذا ما أسأت الحكم على كمية المقاومة الواجب التغلب عليها لكى تشد رجلك؟ أو ، أن تضعها في طريق آخر ، ماذا إذا فشلت الأشارات الاتية من المخ في تنبيه كمية كافية من الخـلايا العصبية المـوصلة ألفـا للحصـول على الـدرجة المطلوبة من الأنقباض؟ في مثل هذه الحالة ، تنقبض الألياف المغزلية اكثر من العضل المحيط بها (الشكـل ٣١-٥) . وهـذا يتسبب في فرد وسط الليفـة المغـزلية حيث تتصل الخلايا العصبية a-I ، تماما كما فعلت نقرة مطرقة الطبيب ، عندئذ يبدأ رد الفعل التمددى ، وتنشط مجمـوعة من النبضات في الخلايا العصبية a-I وخلاياعصبية موصلة a-I أخرى وتزيد من انقباض العضل . وعندما ينقبض كل العضل لدرجة تعادل انقباض الألياف



شكل ٣١-٥ : ضبط العضل الإرادى (الهيكلى) بواسطة رد الفعل الامتدادي. (أ) اشارات من المخ تنشط الألياف العضلية الرئيسية والألياف المغزلية. (ب) بسبب تلك الاشارات إلى الألياف العضلية غير كافية للتغلب على مقاومة قصر العضل، ويمتد الجزء الوسطى (المركزي) لليفة المغزلية. وهذا ينشط الخلايا العصبية ١-أ. (ج) والمجاميع الأضافية (الزائدة) للنبضات الموصلة والمتسببة عن تنشيط رد فعل الامتداد يتسبب في قصر الألياف العضلية الرئيسية إلى أن تريح الامتداد في الألياف المغزلية.

المغزلية، يتوقف نشاط رد الفعل. وبشعور حقيقي، عندئذ، تقيس الالياف المغزلية في العضل الأختلاف في الطول بين طول أليافها هي وطول باقي ألياف العضل، عند وجود أي أختلاف، تسبب الألياف المغزلية في العضل الأستجابة التي تستبعد هذا الاختلاف.

ويعمل التوجيه الميسر (power steering) في سيارة على نفس القاعدة. فاذا ما كنت نازلا بالسيارة من تل والموتور مقفل، فانك تعرف صعوبة دوران عجلة القيادة لكى تلف العجلات الأمامية للسيارة. ثم عند ادارة الموتور تكتشف على الفور الفرق الكبير بين قوة تحكمك وبين ضعف الأستجابة، ويبدأ عمل جهاز هيدروليكي لمساعدتك في دوران العجل.

وباختصار، نحن نجد أن آلة رد الفعل التمددى تزودنا بميكانيكية تحكم عالية الدقة والتي:

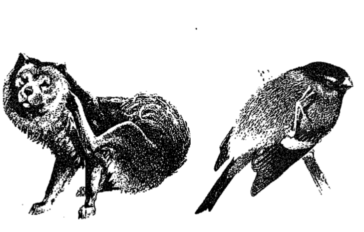
١ ــ توجه رد فعل الأنقباض في العضل،

٢ ـ تمنع انقباض العضلات المتضادة،
٣ ـ تعمل دائما على التأكد من انجاح تنفيذ أوامر المخ وتقوم تلقائيا (اوتوماتيكيا) بعمل الأنضباطات المعوضة الضرورية بسرعة.

٣١-٥ . الغرائز INSTINCTS

الغرائز هي نماذج معقدة من السلوك وهي، مثل ردود الفعل (الأنعكاسات)، فطرية وغير مرنة وذات قيمة في تمكين الحيوان من ملاءمة بيئتة. وتختلف الغرائز عن ردود الفعل في درجة تعقدها. فكل الجسم يشارك في السلوك الغرائزي وقد يتدخل فيه مجموعة من العمليات المتقنة. وربما يكون السلوك الغرائزي أهم أنواع السلوك في الحشرات، كما تعتمد الأسماك، والبرمائيات، والزواحف والطيور كذلك لدرجة كبيرة على نماذج فطرية وغريزية من السلوك.

وبناء نسيج العنكبوت هو مثل من أمثلة السلوك الغرائزي. فلابد من القيام بسلسلة من العمليات الطويلة لبناء النسيج، ولكن هذه وبالتالي الشكل النهائي للنسيج، تعتمد كلها على الغريزة. فالعنكبوت يقوم بغزل نسيجه المميز لنوعه حتى ولو لم يتعرض لبناء هذا الشكل المميز للنسيج من قبل. وبناء العش في الطيور هو أيضا مثال من السلوك الغرائزي. حتى ولو أنه لم يسمح له برؤية طائر آخر من نوعه، فان الطير الناسج (Weaver bird) يبنى عشا مميزاً للنوع. فالغرائز، عندئذ، تورث تماما كما يورث تركيب الأنسجة والأعضاء (الشكل ٣١-٦).



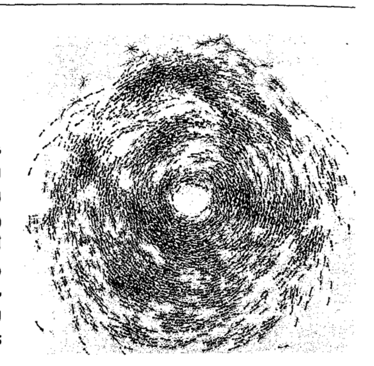
شكل ٣١-٦: سلوك الهرش في الكلب وطائر Bullfinch الأوروبي هو جزء من التركة الموروثة ولم تتغير بالتدريب والأنتشار الواسع للهرش بطرف خلفى والذي يمر عبر طرف أمامى عملية عادية في أغلب الطيور، الزواحف، الثدييات. (بتصريح من رودلف فرويند، سيانتيفيك أميريكان).

ولقد أمكن توضيح هذه الحقيقة بوضوح تام بتجارب تربية بين الأنواع القريبة من بعضها البعض والتي لها أشكال مختلفة من السلوك الغرائزي. فطائر الحب الأفريقي ذو الوجة الخوخى (Peach - Faced) يحمل مواد بنـاء العش إلى موقع العش بغرسها في ريشه. والطائر القريب منه المسمى فيشر طائر الحب يستخدم منقاره لحمل مواد بناء العش. وعند تزاوج هذين النوعين من الطيور، تنجح الذرية (النسل) في حمل المواد بمنقارها فقط. ومع ذلك فان أفراد الذرية تحاول عن طريق الحركات بمحاولة غرس المواد في ريشها أولا.

وأمكن توضيح عدم المـرونة النسبية في السلوك الغرائزي مع كائنات كثيرة. فنمل الجيش الأفريقي (جنس *Eciton*) أخذ إسمه من مسيرة رعيه (البحث عن غذائه) والتي يسير فيها جميع أفراد المستعمرة على أرض الغابة. وبينما تجعلنا حركة المستعمرة نعتقد أنها تشبه المناورات الحربية المتقنة، لكن في الحقيقة تنشأ تلك التحركات من تداخل فعل ثلاثة عوامل بسيطة؛ (١) التنبيه للتحرك، (٢) ميل كل فرد من أفراد النمل أن يبقى بجوار زملائه متتبعا الفيرومون الذي أفرزته الأفراد الموجودة في المقدمة، (٣) وجود عوائق أو غذاء في طريق المسـيرة. وعند بعض الظروف، تصبح هذه العوامل مرئية بشكل يبدو فيه سلوك النمل وكأنه يظهر حقيقته كسلوك أعمى وغرائزى عن كونه نتيجة دوافـع واعية تشبه الحرب. وعلى سطح أملس، كطريق مرصوف، تبدأ أفراد النمل الموجودة في المقدمة في التحرك بعيدا عن السرب، لكن ينتج عن ميلها المتضارب للبقاء مع الجماعة مشيها في طريق دائرى. والأثـر (Trail) الكيمياوي المفرز يتبعه الاخرون وبسرعة يسير جميع السرب دائريا ودائريا في دائرة (الشكل ٣١-٧) وان لم يقاطع أي عائق المسار الناشيء، يسير النمل بنفسه إلى هلاكه.

وفي أغلب الحـالات، ينمى السلوك الغـرائزى بقاء النوع. وللانسان المشاهد، يجعلنا تعقيد وفائدة السلوك أن نظن في وجود منطق وبعد نظر في الحيوان. وفقط عند ظهور حالات غير عادية فان الطبيعة الحقيقية غير المرنة وغير المفكرة للسلوك الغرائزي تظهر بوضوح.

ويعتمـد تنفيذ الغـرائـز على الأوضـاع في البيئة الداخلية للكائن. ففي كثير من الفقاريات، لايحدث سلوك الغزل والتزاوج الا إذا كانت هورمونات الجنس موجودة في



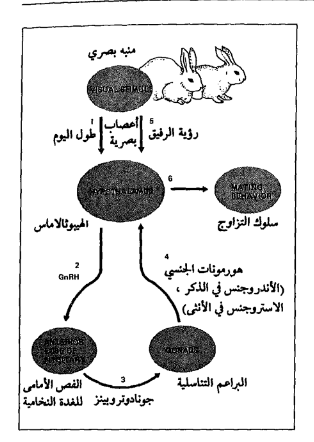
شكل ٣١-٧: عدم مرونة السلوك الغرائزي. العمود الدائرى لنمل الجيش (Eci-ton) يكون اختيارا واستمر أكثر من ٣٠ ساعة. (بتصريح من دكتور ت. س. شنيرلا، المتحف الأمريكي للتاريخ الطبيعي، نوفمبر، ١٩٤٤).

مجرى الدم. والعضو الهدف (المقصود) على الأقل في بعض الحالات يبدو أنه عبارة عن منطقة صغيرة في غدة الهيبوثالاماس. فعند تنبيهها بوجود هورمونات الجنس في مددها من الدم، تبدأ الهيبوثالاماس في الأنشطة المؤدية إلى التلقيح. وينتظم مستوي هورمونات الجنس في الدم، بدورهاه بنشاط الفص الأمامى للغدة النخامية (انظر قسم ٢٧-٩) ويلخص الشكل (٣١-٨) التداخلات التي تجعل حيوانا، مثل الأرنب، في أن يبحث عن رفيقه الجنسي ليلقحه.

٣١-٦. مطلقات السلوك الغريزي

RELEASSERS OF INSTINCTIVE BEHAVIOR

بمجرد أن يستعد الجسم داخليا لأنواع معينة من السلوك الغرائزي، لابد من الحاجة لمنبه خارجي لبدء الأستجابة. ولقد وجد العالم تنبرجن (N. Tinbergen) والحائز على جائزة نوبل عام ١٩٧٣م وتلاميذة في جامعة اكسفورد بانجلترا، أن هذا المؤثر الخارجي لاداعي أن يكون مناسبا كي يكون فعالا. فأثناء فصل التربية، تتبع أنثى السمكة (Three-spined stickle-back) (الشكل ٣١-٩) عادة الذكر ذو البطن الحمراء إلى العش الذي جهزة لتضع فيه البيض، تتبع الأنثى، على أية حال، أي شيء



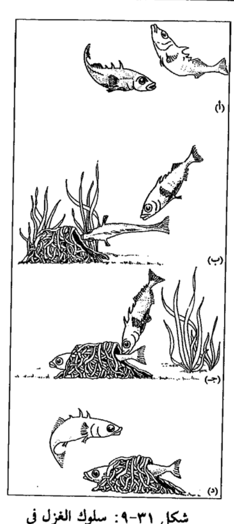
شكــل ٣١-٨: التـداخـل بين المنبهـات الخـارجيـة والـداخلية المؤدية إلى سلوك التزاوج في الأرنب.

أحمر صغير يقدم اليها. وإذا ما أصبحت بالفعل داخل العش، فلاداعي عندئذ لوجود ذكر أو أي شيء أحمر، كما أن أي شيء يلمسها قرب قاعدة الذيل يجعلها تضع بيضها.

ويبـدو أن السمـك Stickleback كان معـداً داخلياً لكل بنـد من بنـود السلـوك واحتـاج فقط لإشـارة واحـدة معينـة لأظهـار المـظهـر السلوكـي. ولهـذا السـبب، فالأشـارات التي تسبب في بدء الأفعـال الغـرائزيـة تسمى المطلقــات (Releasers) وبمجرد انطلاق استجابة معينة، فانها تجرى إلى الأكتمال حتى إذا أبعد المنبه المؤثر. ووخزة واحدة أو وخزتين على مؤخرة الذيل تطلق كل الأفعال العضلية المتتابعة المشتركة في اطلاق البيض.

وتعمـل الأشـارات الكيمياوية، أي، الفيرومونات، كمطلقات هامة للحشرات الأجتماعية: النمل والنحل والنمل الأبيض. ويفرز الكثير من هذه الحيوانات عدة أنواع من الفيرومونات والتي تظهر سلوكا إنذاريا، وسلوكا تلقيحيا، وسلوكا تجمعيا، غيرها، في أفراد أخرى من أنواعها (أنظر الشكل ٢٧-١٣).

وربما يكون أعظم ما إكتشف من المطلقات للسلوك الغرائزى حتى الان هي النجوم اذ دلت تجارب عالم الطيور الألماني ساور (E. G. F. Sauer) أن العصافير المغردة الأوروبية، المهاجرة ليلا، تعرف طريق هجرتها بواسطة النجوم. وهذا في حد ذاته رائع على وجه الخصوص نظرا للحقيقة أنه في الخريف تطير الطيور الصغيرة إلى مأواها الشتوي في أفريقيا بدون آبائها. وبالمساعدة الصبورة من زوجته، أمكن للعالم ساور أن يربي تلك الطيور المغردة كلية بعيدا عن أي فرد من نوعها. (وهذا ليس بالعمل البسيط. اذ أن تلك الطيور تأكل الحشرات فقط، ويستهلك الطائر الصغير عدة دستات منها كل يوم.) وعند حلول الخريف تصبح تلك الطيور الصغيرة المرباه يدويا قلقة. وعند مشاهدتها لمنظر النجوم داخل مرصد، فانها توجه نفسها نحو المسار الجنوبي الشرقي والذي كان المفروض أن تتبعه. ولو أن أبراج النجوم في حركة واضحة طوال الليل، فان الطيور الصغيرة تكون قادرة على تعويض ذلك وتستمر في الحفاظ على وجهتها المضبوطة.



شكل ٣١-٩: سلوك الغزل في السمك (Stickle backs) يوجه الذكر الأنثى تجاه العش (أ)، ويرشدها لداخلة (ب) ثم ينخسها عند قاعدة ذيلها (ج). وبعد وضع الأنثى للبيض، يسحبها الذكر من العش، ويدخل هو العش بنفسه (٦)، يلقح البيض.

وأظهرت دراسات تنبرجن وغيره أنه يمكن ترغيب الحيوانات للأستجابة للمطلقات غير المناسبة. وعلى سبيل المثال، فذكر الروبين (Robin) المدافع عن منطقة يهاجم باستمرار قطعة صغيرة من الريش الأحمر من روبين محشو بالقش والذي ينقصه

الصدر الأحمر الموجود في الذكور. وقد تكون بعض المنبهات الغير ملائمة اكثر فعالية في الأطلاق (Releasers) عن المنبهات العادية (شكل ٣١-١٠) وبنظرة سريعة، يبدو مثل هذا السلوك غير ملائم، لكن يجب أن نتذكر شيئين قبل ابداء الحكم النهائيُ. الأول، المنبهات الغير مناسبة التي يسببها الطلبة النجباء في دراسة سلوك الحيوان (والذين يطلق عليهم اسم Ethologists ليس لهم من المحتمل وجودها في الطبيعة. والثاني، مقدار تأثير المنبهات التي تبدو وكأنها غير مناسبة في نظرنا والتي تظهر شكلا قاطعا في كل السلوك الحيواني. وتستجيب الحيوانات انتخابيا (Selectively) لأشكال معينة من كل مايتلقاه جسمها بداخلة من الأحساسات التي تستقبلها. وتمضى جميع الحيوانات حياتها وهي متلقية عشرات الألوف من قذائف الرؤية، الأصوات، الروائح، الخ. ولكن عبر مسيرة التطور، نشأ لتلك الحيوانات جهازها العصبي والذي يمكنه ترشيح (Filter) هذا الكم من الأرقام الحسية، ويستجيب فقط لتلك العناصر التي أثبت التاريخ التطورى للنوع أهميتها لبقاء تلك الحيوانات.

٣١-٧. السلوك المنظوم والساعات البيولوجية

RHYTHMIC BEHAVIOR AND BIOLOGICAL "CLOCKS"

الحرص "Urge" أو الدافع لهجرة الطيور في الخريف هو أحد أهم الأمثلة على السلوك الذي يتكرر على فترات محددة، ويوصف مثل هذا السلوك بالسلوك المنظوم أو الدورى. وقد تكون دورات السلوك الدورى قصيرة كالساعتين أو طويلة كالسنة. ويمدنا فأر المعمل العادي بمثال للدورة القصيرة جدا، إذ أنه حتى في حالة وجود الطعام طوال الوقت فان هذا الفأر يتغذى كل ساعتين فقط.

ويغير عدد كبير من الحيوانات سلوكه على أساس يومي، فالحيوانات الليلية، على سبيل المثال، تصبح نشطة كل ٢٤ ساعة، وتفقس ذبابة الفاكهة بأكبر أعدادها عند الفجر. وقد تدعى أن مثل هذا السلوك الدوري هو ببساطة نتيجة استجابة للتغيرات اليومية من الضوء والظلمة، لكن مع ذلك ليست هذه هي الأجابة الكاملة وحتى عندما تكون الحيوانات محفوظة تحت ظروف بيئية ثابتة (مثل، تحت اضاءة مستمرة في المعمل) يستمر الكثير من هذه الدورات وقد تميل تلك الدورات، على أية حال، أن تنحرف لأتجاه أو لآخر، بعبارة أخرى قد تحدث الدورات على فترات كل ٢٣ أو ٢٥ ساعة بدلا



شكل ٣١-١٠: عامل انطلاق فوق عادي. فماسك المحاور يحاول أن يربى بيضة كبيرة بدلا من بيضته (الموجودة في مقدمة الصورة) أو بيضة طائر الرنجة (Hering gull) (إلى اليسار) (ماخوذة عن تنبرجين، ن.، دراسة الغريزة، مطبعة جامعة اكسفورد، ١٩٥١).

من ٢٤ ساعة بالضبط. ولهذا السبب، فان مثل هذه الدورات تسمى سركاديان (Cir-cadian) من الكلمات اللاتينية *(circa)* (أي تقريبا و *dies)* (بمعنى يوم. وتحت الظروف الطبيعية من تبادل الليل والنهار، يبقى الكثير من هذه الدورات مضبوطة تماما على دورة ٢٤ ساعة.

والدورات التي مدتها نحو ٢-٤ أسابيع معروفة. ففي قسم (١٧-٣) ناقشنا كيف أن ذكر وأنثى أسماك كاليفورنيا جرانيونز *(California grunions)* تأتى إلى الشواطيء لتبيض في وقت إكتمال القمر وكذلك عند ظهور القمر الجديد، أي على فترات تبلغ نحو الأسبوعين. ويبدو أن هذا السلوك يبدؤه شكل أو مظهر القمر، أو ارتفاع المد (الذي يصل إلى أقصاه عند اكتمال القمر وظهور القمر الجديد). ودورة الحيض في المرأة هي دورة ٢٨-٣٠ يوم والتي لاتعتمد الآن، على الأقل، على مظهر القمر (وهي الآن أكثر منها فسيولوجية سلوكية).

ولا يحدث السلوك التكاثري في أسماك كاليفورنيا جرانيونز خلال كل السنة ولكنه يحدث في الربيع فقط، لذلك فان دورته التي تحدث كل أسبوعين تكون مركزة على دورة حولية. وتحدث أنشطة حيوانات أخرى على أساس سنوي، الأمثلة القليلة على ذلك هي الأستعدادات للبيات الذي يقوم به الكثير من الحيوانات، وهجرة الطيور، كذلك ابتداء ونهاية السكون في الحشرات. وكما رأينا في حالة سكون الحشرة (أنظر قسم ٢٧-٢) تعتمد هذه الأستجابات عامة على المؤشر الوحيد الذي يعتمد عليه وهو الوقت من السنة: الطول النسبي للنهار والليل. وبعبارة أخرى، فان أغلب تلك الأنشطة

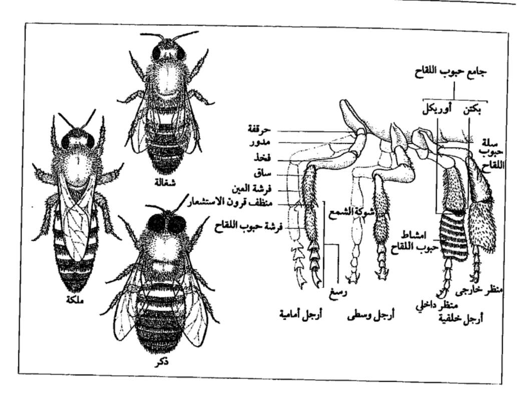
تنظمها التغييرات في الفترة الضوئية .

وتحتاج قدرة الأستجابة للفترة الضوئية على أن يكون للكائن بعض الميكانيكية (الوسائل) لقياس ساعات ضوء النهار أو ساعات الظلمة (يبدو أن بعض الكائنات تقيس ساعات ضوء النهار فقط، والبعض الاخر ساعات الظلمة فقط) . وفي كلمات أخرى، لابد من أن يكون بتلك الكائنات نوع من الساعة البيولوجية . ولو أن طبيعة عمل (ميكانيكية) هذه الساعة غير معروفة حتى الآن فلقد وجد أن الكثير من الأنشطة الفسيولوجية تتذبذب على أساس يومي داخل الأجهزة، الأنسجة، وحتى الخلايا الفردية للكائنات التي لها دورات سركادية . وربما تكون هذه الدورات السركادية الداخلية، التي يمكنها الحفاظ على دوريتها بدون الأعتماد على التذبذب في البيئة الخارجية، هي التي تزود عمل الساعة والذي به يمكن قياس الفترة الضوئية .

٣١-٨ . دورة حياة نحلة العسل THE LIFE HISTORY OF THE HONEYBEE

ربما لا توجد أي مجموعة من الحيوانات نشأ لها مثل هذا السلوك المتنوع المنسق كما في مستعمرات الحشرات - النمل، النمل الأبيض، نحل العسل . ولا يوجد متسع في كتاب من هذا النوع ليصف الأنواع المتعددة الدقيقة والرائعة من السلوك الذي تظهرة كل هذه الحيوانات، ولكننا سنقوم بدراسة بعض من السلوك الذي تقوم به نحلة العسل المستأنسة، *Apis mellifera* (إذا كنت مهتما اكثر بتتبع سلوك بعض المستعمرات في الحشرات الأخرى، يمكنك قراءة مرجع أو أثنين من المراجع المدونة في نهاية هذا الباب اذ ستكون جديرة بالقراءة) .

وتدور حياة مستعمرة نحلة العسل حول أنشطة ملكتها (Queen) الوحيدة (الشكل ١٣-١١) فأثناء أشهر الربيع والصيف، تمضى الملكة معظم وقتها في وضع البيض في الخلايا (العيون) الشمعية الموجودة في برواز العسل . وتخصب الملكة معظم هذا البيض، قبل وضعة مباشرة في العيون، باطلاق الحيوانات المنوية من أكياس تخزين (الحوصلات المنوية) والتي كانت ممتلئة عند تلقيحها أثناء طيرانها . يفقس هذا البيض إلى يرقات بعد ٣ أيام، وتعتنى الشغالات (Workers) بتلك اليرقات جيدا وتغذيها لمدة ستة أيام . وعند نهاية تلك المدة، تغطى الشغالات العيون السداسية بالشمع، وتبدأ اليرقات في التطور . وبعد ٣ أسابيع من وضع البيض، تخرج شغالة جديدة، هي أنثى



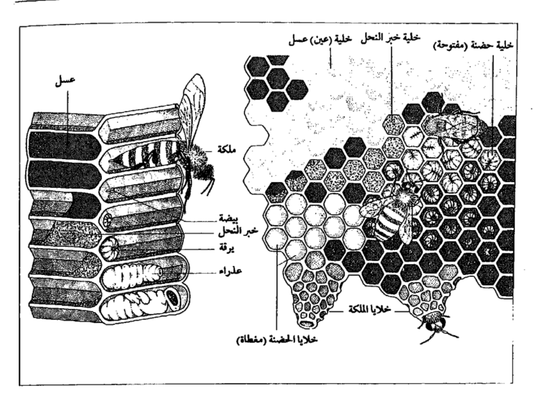
شكل ٣١-١١ : تشريح نحلة العسل. أشكال الجسم الثلاثة الموجودة في المستعمرة موجودة على اليسار. تشاهد أرجل الشغالة على اليمين.

ولكنها لاتمتلك أجهزة تناسلية عاملة .

وفي أوائل الربيع تضع الملكة بيضة مخصبة في كل عين من العيون العديدة الخاصة، وهي عيون الملكات (الشكل ٣١-١٢)، وينتج عن هذا البيض اناث خصبة احداها ستصبح الملكة المستقبلة في الخلية. وربما يكون سبب المصير المختلف لهذا البيض هو الأختلافات في الغذاء المقدم للبرقات. فاليرقات الصغيرة تغذى بافراز غنى بالبروتين من الغـدد اللعـابية للنحـل البالغ وتركيب الأفراز الذي تتغذى عليه اليرقات والتي ستصبـح شغالات يختلـف عن الأفراز الذي تتغـذى عليـه اليـرقات الموجودة في عيون (بيوت) الملكـات، ويسمى الأفـراز الأخير بالغـذاء الملكى "Royal jelly".

ويمكن للملكة كذلك أن تضع بيضا غير مخصب ويفقس هذا البيض عن ذكور (Drones).

وبـذلـك تحتـوي خلية النحل النشطة العادية على ملكة واحدة، عدة مئات من



شكل ٣١-١٢: برواز نحلة العسل كما يرى من الأمام (يمين) وفي قطاع (يسار) تنشأ العيون بواسطة الشغالات من الشمع الذي تفرزة غدد في بطون تلك الشغالات.

الذكور، عدة آلاف من الشغالات. وقبل خروج ملكة جديدة، تترك الملكة القديمة الخلية آخذه معها جزءا جوهريا من الشغالات، هذه هي الظاهرة المعروفة باسم التطريد (Swarming) وبعد عدة أيام، تترك الملكة الجديدة الخلية، أيضا ولكن لفترة تكفي لتلقيحها أثناء طيرانها في الجو بعدة ذكور من النحل ثم تعود الملكة إلى الخلية لتبدأ عملية وضع البيض. وتقتل الملكات الأخرى الناشئة الا إذا كانت الخلية مزدحمة كثيرا وتحتاج إلى خروج أسراب أخرى. ويطلق على ظهور عدة أشكال واضحة مميزة للجسم في نوع من الأنواع اسم تعدد الأشكال "Polymorphism" وفي حالة نحل العسل، فان كلا من الأشكال المختلفة (الشغالة، الذكور، الملكة) مهيأ للقيام بوظائف محددة.

٣١-٩. عمل الخلية THE WORK OF THE HIVE

من لحظة خروج الشغالة من خليتها (Cell) (العين السداسية) يبدأ عملها من

أجل المستعمرة. وفي أول ثلاثة أسابيع من حياتها، تبقى الشغالة بداخل أو بقرب الخلية (Hive) ويكون عملها أثناء تلك الثلاثة أسابيع في تتابع محدد كما يلي:
الأيام ١-٣: تقضى الشغالة هذه الأيام في تنظيف العيون السداسية لأعادة إستخدامها، تتغذى الشغالة على مزيج من حبوب اللقاح والعسل والمسمى بخبز النحل (Bee Bread) وتكبر غددها اللعابية في الحجم كثيرا.
الأيام ٤-٩: توجه هذه الفترة إلى العناية بالبرقات. فأولا تغذى الشغالة البرقات من الأفراز الغني بالبروتين الذي تفرزه من غددها اللعابية، بعد إنكماش تلك الغدة إلى حجمها الطبيعي، تغذى الشغالة البرقات على خبز العسل بدلا من تغذيتها على إفراز الغدد اللعابية.

الأيام ١٠-١٦: تبدأ الغدد الشمعية الموجودة على السطح السفلي للأربع حلقات البطنية الأخيرة في إفراز شمع النحل. وتستخدم الشغالة شوكة الشمع الموجودة على أرجلها الوسطى (على حلقتها الصدرية الثانية) (الشكل ٣١-١١) في فصل صفائح الشمع وتستخدم فكوكها العلوية في مضغ الشمع وتحويلة إلى خلايا شمعية جديدة على البرواز.
الأيام ١٧-١٩: أثناء تلك الفترة، تستلم الشغالة الرحيق الذي تحضرة الشغالات التي تطير للرعى عند عودتها للخلية وتحوله إلى عسل وتخزنه في خلايا (عيون سداسية) على البراويز ويتضمن انتاج العسل تبخير الماء من الرحيق وهضم السكروز إلى جلوكوز وفركتوز. وإذا ما أصبح جو الخلية حارا جدا، تستلم الشغالات الماء من الشغالات التي تخرج للرعي (Foragers) وتنثرة على سطح البراويز. وبترويح الماء بأجنتها، فانها - أي الشغالة- تسرع من تبخر هذا الماء وبذلك يصبح جو الخلية الداخلي رطبا. وأثناء تلك الفترة، تبعد البرقات كذلك أي بقايا (فضلات) (مثل الشغالات الميتة) والتي تكون قد تجمعت في الخلية.
اليوم ٢٠: تقضى الشغالة هذا اليوم في الدوران أمام الخلية ومهاجمة ولدغ أي دخيل. ويمكن للشغالة في الغالب أن تلدغ أية حشرة أخرى وتعيش، ولكن آلة اللسع بها لايمكن فصلها من الجلد المرن للحيوانات الفقارية، بل تنزع آلة اللسع من جسم الشغالة، محدثة ضررا مميتا لأعضاء بطنها.

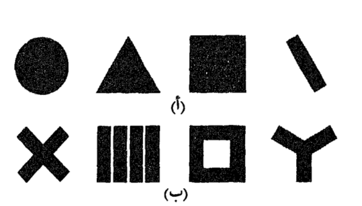
وتوجد نقطتان اضافيتان لابد من ملاحظتهما عن العمل بالخلية. فالتتابع الذي تم

ذكره في نقاط محددة قابل للمرونة بعض الشيء. فشغالة النحل تمضى وقتا لاباس به في الـدوران حول الخلية وتحـول نشـاطها لأصلاح بعض الأحتياجات الخاصة التي تكتشفها. ولو أن النحل مثالي في مشغوليته، فهو في الواقع يمضى نحو ٤٠٪ فقط من وقته في الأنشطة التي سبق ذكرها والوقت الباقي تمضية الشغالة ببساطة في الوقوف دائرة الخلية. وهي تعمل بجد ولذلك فهي على أية حال، لايزيد طول حياتها عن ٦ أسابيع كحشرة بالغـة أثنـاء الصيف والشغالة التي تخرج (تفقس) في الخريف لاعمل لها في الواقع، ويبقى أكثرها حيا طوال الشتاء.

وبعد ٣ أسابيع في أو قرب الخلية، تخرج الشغالات في فصل الصيف إلى الحقل كباحثة غذاء (Foragers) لجمع الرحيق وحبوب اللقاح. ويجمع الرحيق في غرفة خاصة (معـدة العسـل - الشكل ٢٠-٨) بالجهاز الهضمى وتحضره إلى الخلية لتحويلة إلى عسل. وترطب الشغالات المذكورة حبوب اللقاح بالرحيق وتحضره في سلاسل حبوب اللقاح الموجودة في الأرجل الخلفية للشغالات (الشكل ٣١-١١)؛ وحبوب اللقاح هذه المـرطبة هي خبز النحل. وجمع الرحيق وحبوب اللقاح حيوى وهام للنباتات كما هو للنحـل. وبـالنقل العشوائي لحبوب اللقاح من زهرة إلى أخرى، يتسبب النحل في حدوث التلقيح الخلطي للنباتات والذي يتبعه التكاثر الجنسي ونشوء البذور.

٣١-١٠. أدوات نحلة العسل TOOLS OF THE HONEY BEE

لايمكن حدوث الأنشـطة المعقـدة والمتوافقة تماما لنحل العسل بدون مستقبلات حسية، وأعصاب، ومؤثرات. فالعيون المركبة الكبيرة وعديدة الآوجه (العوينات) تمدها بكمية لابأس بها من تمييز الأشكال (الشكل ٣١-١٣) وكذلك من رؤية أربعة ألوان. وتمكن مستقبلات الرائحة، والموجودة على قرون الأستشعار، النحلة من التمييز بين مجموعة كبيرة من الروائح بل واكتشاف الضعيف منها أيضا. وبالرغم من ابداء الرأى على عكس ذلـك، فان قدرة النحلة على اكتشاف والتمييز بين الروائح ربما لاتكون أفضل تكوينا عن قدراتنا نحن. وتحتوي أجزاء جسم النحلة على مستقبلات الذوق، ويبدو أن النحلة تميز حواس الذوق الأربعة التي نميزها نحن: الحلو، المر، المملحى، اللاذع. وبداية احساس النحلة للاذع والمملحى أقل من بداية إحساسنا، بينما بداية احساس النحلة للمر والحلو أعلى من بداية أحساسنا بها. والبداية العالية نسبيا للحلو



الشكـل ٣١-١٣ : مظهـر التمييـز في نحـل العسـل. يمكن للنحل تمييز أي شكل في الصف (أ) من أي شكل من الصف (ب) أكثر سهولة عن تمييـزهـا عن أي من الأشكال الموجودة في الصف (أ) والصف (ب).

ذات قيمـة للنحلة إذ أنها تمنعها من جمع الرحيق المخفف جدا والذي يمكن تحويلة بكفاءة إلى عسل.

والجهـاز العصبي للشغـالـة في نحلة العسل منظم جدا لأستقبال المعلومات من المستقبلات الحسية وتوفيق عمل العضلات التي تحكم الأرجل، الأجنحة، أجزاء الفم.

وأرجـل نحلة العسـل اكثر بكثير من مجرد أرجـل للمشي، فهي أعضـاء عالية التخصص لتجعل النحلة تستطيع القيام بالعديد من الأعمال.

فالأرجل الأمامية بها شعر ناعم (فرشة العين) على الساق (الشكل ٣١-١١). وكما يوضح الأسم، تستخدم فرشة العين في ابعاد حبوب اللقاح وكذلك البقايا الأخرى من الأعين. وتتكون فرشة حبوب اللقاح والموجودة على الحلقة الأولى من الرسغ من أشواك جافة نوعا وتستخدم في تنظيف حبوب اللقاح من على شعر الجسم وتحتوي الحلقة الأولى من الـرسـغ كذلـك على تجويف (Notch) حيث يمكن للنحلة أن تضـع فيـه قرن إستشعـارهـا ، ثم عندما تلـوي النحلـة رجلها يقوم خطاف (Spur) موجود على الساق بمسك قرن الأستشعار في التجويف بينما تنظف النحلة قرن استشعارها من حبوب اللقاح وغيرها في حركة ماسحة. ويطلق على الجهاز بأكملة جهاز تنظيف قرن الأستشعار.

وتحتوي الحلقات الرسغية الأولى في الأرجل الوسطى، أي أرجل الحلقة الصدرية الثانية، كذلك على فرش حبوب اللقاح. علاوة على ذلك، تبرز شوكة شمعية لأسفل من الساق تستخدم لكشط صفائح للشمع من على غدد الشمع.

وكل رجل خلفية، أو رجل الصدر الخلفى، تحتوي على أمشاط حبوب اللقاح على السطح الداخلي للحلقة الأولى من حلقات الرسغ، كذلك على جامع وضاغط Paking وذلك في الفاصل الموجود بين الساق وحلقة الرسغ الأولى. وتوجد سلة حبوب اللقاح على السطح الخارجي لساق الرجل الخلفية المذكورة. وتجمع الأمشاط حبوب اللقاح من فرش حبـوب اللقاح في الأرجل الاخرى، ثم بواسطة الأشواك الجافة (Pecten) لجامـع حبوب اللقاح لأحد الأرجل، تبعد النحلة حبوب اللقاح من أمشاط حبوب اللقـاح في الرجل المقابلـة . وفرد الرجل يجبر عندئذ القاعدة (Auricle) ذات الشكل السنداني على الأرتفاع لأعلى ضد حبوب اللقاح الممسوكة تحت الأشواك الجافة وتضغط حبوب اللقاح خلال المفصل ولأعلى إلى داخل سلة حبوب اللقاح الموجودة على السطح الخارجي للساق.

كل هذه المناورات تقوم بها النحلة في الفترة البسيطة التي تستغرقها عند الطيران من زهرة إلى أخرى. وعندما تكثر حبوب اللقاح، تكون الكمية المحمولة في سلال حبوب اللقاح بالفعل كبيرة (الشكل ٣١-١٤).

وأجزاء فم نحلة العسل (أنظر في الشكل ٢٠-٨) متخصصة جدا وتمكن النحلة من تناول المواد اللازمة لحياة المستعمرة. فالفكوك العليا تستخدم في مضغ الشمع لصنع المزيد من شمع الأساس (برواز الشمع). وتتحور الفكوك السفلي والشفية واللسان كلها لعمل خرطوم طويل لأمتصاص الرحيق من مخازن الرحيق في الأزهار.



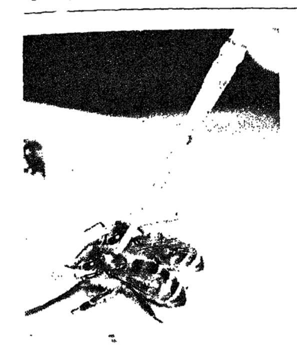
الشكـل ٣١-١٤: شغـالـة نحلة العســل تطير للبحث عن حبـوب اللقاح. لاحظ سلال حبوب اللقاح الممتلئة على أرجـل الحلقة الصدرية الثـالثـة. (بتصريـح من و. ت. ديفيـدسـون، جمعيـة أودوبون الوطنية).

٣١-١١. الأتصـــال بين نحـــل العســـل :
COMMUNICATION AMONG HONEY BEES

ان طريقة الحياة في مستعمرات تعوَّل كثيراً على المسكن. فالخلية هي مركز النشاط ومهما ذهبت الشغالة بعيدا في الحقول فانها تعود إلى خليتها بالذات. وباعتبار أن النحل قد يطير للبحث عن الغذاء عدة أميال بعيدا عن الخلية، لابد وأن يكون هذا النحل ملاحا جيدا ليجد طريق العودة بنجاح. وبكل تأكيد، فالنحل يملك قوة رؤية جيدة لكى يستطيع الطيران مستعينا بعلامات أرضيـة واضحـة، والدليل يؤكد أنهم يستطيعون ذلك. ولقد تبين أن أغلب الباحثات عن الغذاء (Foragers) على أية حال، لايتركون الخلية الا بعد أن يكون قد تم اكتشاف الغذاء بالفعل بواسطة أفراد النحل الكشافة (Scout bees) وبمجرد أن تجد الكشافة الغذاء ترجع إلى الخلية، وبعد ذلك بقليل، يترك الرعاه الخلية ويطيرون مباشرة إلى مصدر الغذاء. والشيء العجيب في هذا السلوك، هو أن الرعاة لايتبعون الكشافة عند عودتهم ثانية إلى غذائهم المكتشف، وبدلا من ذلك فانهم يطيرون إلى مصدر الغذاء بينما تكون الكشافة مازالت بداخل الخلية. ويتطلب ذلك شيئين: الأول، لابد من أن يكون النحل الراعي قد علم بطريقة ماكيف يمكنه تحديد مصدر الغذاء، والثاني، لابد من أن يعرف النحل الراعي بعض وسائل الملاحة فوق منطقة غير معروفة له من قبل عند تتبعهم لتلك التعليمات التي أخبر بها عن طريق الكشافة.

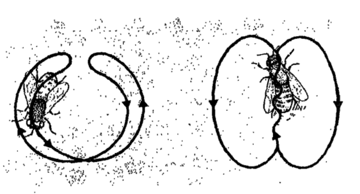
وتم إكتشاف كيفية اتصال النحل الكشاف بالنحل الراعي وكيفية ملاحة (طيران) النحل الراعي فوق مناطق غير معروفة له من قبل بواسطة عالم الحيوان الألماني كارل فون فريش (Karl von Frisch) وخلال كل حياتة العلمية درس هذا العالم بصبر وقام باجراء التجارب مع نحل العسل واكتشف الكثير من الحقائق عن حياة النحلة والتي نناقشها الآن.

وبترقيمة للنحل الكشاف بالألوان ومراقبته لهم عند عودتهم إلى خلية ملاحظة (الشكل ٣١-١٥)، اكتشف فون فريش أن الكشافة تؤدى رقصة صغيرة على السطح الرأسي للبراويز بعد أن تضع حملها من الرحيق أو حبوب اللقاح في العيون السداسية للبراويز. ويبدو أن هذه الرقصة تنبه الرعاة وبسرعة يبدأ هؤلاء في ترك الخلية والطيران

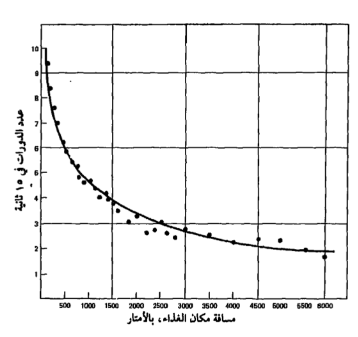


الشكل ٣١-١٥ : وضع لون على النحل السارح حيث يمكن تمييزها عند عودتها إلى خلية المراقبة (بتصريح من دكتور م. رينر).

إلى مصدر الغذاء. وإن لم يكن مصدر الغذاء قريبا (أقل من ٧٥ مترا) من الخلية، ترقص الكشافة رقصة تسمى هزة الذيل Tail wagging (الشكل ٣١-١٦). ولم يأخذ ذلك من فون فريش طويلا للتاكد من أن السرعة التي يؤدي بها إكتشاف هذه المناورة ترتبط بمسافة مصدر الغذاء عن الخلية (الشكل ٣١-١٧)؛ بل إكتشف أن الكشافة تعوض من سرعة الرياح. وعلى أية حال، لم تكن معرفة وجود الغذاء على مسافة ٦ كيلومتر من الخلية مفيدا في شيء إذا اعتبرت اضافة المدار الطويل. ولكن لاحظ فون فريش أيضا أن اتجاه الرقصة يختلاف بإختلاف إتجاه منطقة هز الذيل مع إتجاه مصدر الغذاء من



شكل ٣١-١٦: يسار: الرقص الدائرى للنحلة يستخدم عند وجود الغذاء قريبا من الخلية. يمين رقصة هز الذيل تستخدم عندما يكون الغذاء أبعد من ١٠٠ متر من الخلية. وتدل سرعة الرقصة تماما عن مسافة بعد الغذاء، والجاه المنطقة القائمة (المعتدلة) تدل في أي أتجاه يوجد الغذاء.

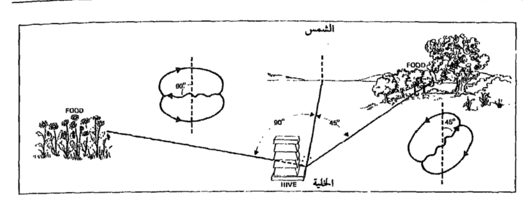


شكـل ٣١-١٧: رسم بياني يوضح العلاقة بين مسـافـة منبـع الغـذاء وسرعة رقصة هز الذيل في نحلة العسل (٣٨٨٥ ملاحظة).

الخلية ومع الوقت من النهار.فعند وقت محدد من النهار، يتغير إتجاه الرقصة باختلاف موقع الغذاء. وبمصدر ثابت من الغذاء، يتغير إتجاه الرقص بنفس الزاوية التي تصنعها الشمس أثناء مرورها عبر السماء. ويدل هذا على أن النحل الكشافة يحدد اتجاه مصدر الغذاء بالنسبة إلى اتجاه الشمس. والشمس تكون غير مرئية في الخلايا العادية، على أية حال، مع ذلك يرقص النحل على السطح الرأسي للبراويز. كيف، إذن، يمكن للكشافة ترجمة زوايا الطيـران في داخل الخليـة المظلمـة ؟ فاذا ما كان مصـدر الغذاء في نفس الأتجاه مع الشمس فان الكشافة توجة الجزء المستقيم من رقصـة هز الذيـل لأعلـى ولأسفل مع رؤوسهـا مشيـرة لأعلـى وكأنها تترجـم تكليف الصـورة (Photo-taxis) الموجب إلى تكليف جغرافي (Geotaxis) سالب. وإذا ما كان مصدر الغذاء يقع على زاوية تميل بعض الشيء إلى اليمين او إلى اليسار بالنسبة إلى الشمس، فان الكشافة ترقص على نفس الزاوية إلى يمين أو إلى يسار الخط الرأسي (الشكل ٣١-١٨).

وتتجمع أفراد النحل الرعاة حول الكشافة الراقصة وغالبا ما تتعلم منها إتجاه وبعد الغذاء بتلك الوسيلة. وإذا ما كان الغذاء ذو رائحة، فان الرعاة تتعلم كذلك ماهي الرائحة التي تبحث عنها. وبذلك فان لغة النحل تمكن النحلة من القول للآخرين: (١) أن الغذاء ميسر، (٢) إتجاه الغذاء، (٣) المسافة إلى الغذاء، (٤) رائحة الغذاء.

وإذا ما بقى النحل الراقص بداخل الخلية لمدة طويلة، فانه يغير إتجاه رقصه كلما

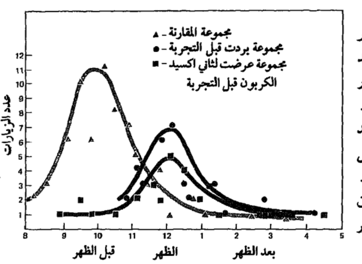


شكل ٣١-١٨ : العلاقة بين زاوية الرقص على البرواز الرأسى وموقع الشمس بالنسبة إلى موقع الغذاء. وإذا كان الغذاء والشمس في نفس الأتجاه فالمنطقة المستقيمة من الرقصة توجه لأعلى. وإذا كان الغذاء على زاوية يمين (أسود) أو يسار (ملون) الشمس، يوجه النحل المنطقة المستقيمة من الرقصة إلى نفس الزاوية يمين أو يسار الاتجاه الرأسى.

تغير إتجاه الشمس. تذكر، مع ذلك، أن النحل الراقص لا يمكنه مشاهدة الحركة الظاهرية للشمس وهو موجود بداخل الخلية. وهذا يجعلنا نعتقد بان النحل الراقص يمكنـه عمل التصحيحات اللازمة لأنه على درايـة "Aware" بمرور الوقت. وهذه الحقيقة كانت معروفة منذ وقت طويل للأفراد الذي يرغبون في تناول الشاي مع الخبز المقـدد والمربي في حدائقهم عند وقت معين كل يوم. وفي خلال دقائق من الساعة المحـددة، تصل أفراد النحل الرعاة في أعداد كبيرة لتشارك في تناول المربى. وهنا، عندئذ، يوجد مثل آخر من أمثلة الساعة البيولوجية والتي يبدو أن معدل دقتها (Tick-ing) ينـطبق مع معدل التمثيل الغذائي للنحل. وإذا ما تعرضت للبرودة (Chilled) مجموعة من النحل المواظب (للتقليل من معدل تمثيلة الغذائي) أو تعرضت لتركيزات تحديرية من ك أ٢ فان هذا النحل يصل إلى طاولة الشاي متأخرا تبعا للتأخير بسبب التحذير أو بسبب البرودة (الشكل ٣١-١٩).

والأكتشـافـات المـذكـورة التي قام بها فون فريش سهلة الـوصف. ومثل أغلب الأكتشافات العلمية، فهي ثمرة سنين من العمل الدؤوب والتجارب المرسومة بذكاء والنتائج المدونة بعناية. ولأخذ فكرة أفضل عن طريقة الأكتشاف العلمي الحقيقية، فالواجب عليك قراءة مذكرات فون فريش (المدونة في نهاية هذا الباب عن سلاسل التجارب الطويلة التي أدت به إلى مكتشفاته الكثيرة المتعلقة بسلوك النحل).

وعنـدما يتعلم الناس اولا عن السلوك المتقن لنحل العسل، فانهم يقدرون هذه



الشكل ٣١-١٩: تأثير التبريد والتعرض لثاني أكسيد الكربون على الشعور بالوقت في نحل العسل. يبطيء التبريد وثاني أكسيد الكربون معدل التمثيل الغذائي في تلك الحيوانات. وكل مجموعة غذيت بين الساعة ٩، ١١ قبل الظهر لمدة ٤ أيام قبل التجارب.

المخلوقات الصغيرة ذات الذكاء الكبير وبعد النظر وغير ذلك. وفي الحقيقة، لايكون ذلك صوابا، طالما أن أغلب سلوكهم هو غرائزى وبذلك يكون نسبيا غير قابل للمرونة. وبداخل حدود ضيقة معينة، على أية حال، يمكن للنحل أن يغير هذا السلوك. وإذا ما كان السلوك على الدوام محورا نتيجة تجارب الكائن، فاننا نقول أنه حدث تعلم (Learning) وعلاقة النحل بالغذاء في مكان معين أو برائحة معينة أو بوقت معين من اليوم هى أمثلة من التعلم.

السلوك التعلمي LEARNED BEHAVIOR

السلوك التعلمي هو سلوك أصبح دائم الوجود في الكائن أو يكون قد حول نتيجة لتجارب الفرد.

٣١-١٢: التطبع HABITUATION

تستطيع جميع الحيوانات تقريبا أن تتعلم عدم الأستجابة للمنبهات المتكررة والتي يثبت أنها غير ضارة. وتعرف هذه الظاهرة بالتطبع وهي مثل حقيقي للتعلم. فإذا ما أصدرت صوتا غير عادي في حضور كلب الأسرة، يستجيب الكلب - عادة باستدارة رأسة تجاه مصدر الصوت. ومع ذلك إذا تكرر هذا الصوت - المنبه - ولم يحدث شيء آخر سار أو غير سار للكلب، يتوقف الكلب أخيرا عن الأستجابة. هذه هي حالة تعلم حقيقي وليست ببساطة نتيجة تأقلم المستقبلات الحسية، الدلالة على ذلك حقيقة أن

الاستجابة تكون طويلة البقاء (الأستمرارية). وعندما يتطبع الحيوان نهائيا، فانه لن يستجيب للمنبه حتى بعد مرور أسابيع أو أشهر من آخر مرة قدم فيه المنبه للحيوان.

٣١-١٣. التعـــود IMPRINTING

إن أحد أكثر الأمثلة المحددة وشديدة التخصص في التعلم هو التعود. فاذا ما تعرض أوز صغير حديث الفقس لشيء متحرك متوسط الحجم ويصدر صوتا مناسبا، يبدأ الأوز الصغير في تتبعة تماما كما يفعل عندما يتبع أمهاته طبيعيا ويسمى هذا تعودا. ووقت التعـود حرج ، فبعد الولادة بأيام قليلة لا يحدث التعود، وقبل هذا الوقت ، مـع ذلك، تكون النتائج باهرة. فالأوز الصغير الذي تعود على صندوق متحرك أو على رجل يحدث فرقعة يسبق الأخريات في محاولة للبحث عن هذا الشيء طوال بقية حياته. وفي الحقيقة، عندما يصل الأوز إلى نضجه الجنسي فانه يجعل من الشيء المطبوع، بدلاً من أحد أفراد نوعه هدفاً لطموحه الجنسي. والكثير من معلوماتنا عن التقليد كان نتيجة الأبحاث الدؤوبة التي قام بها العالم كونراد لورنز (الشكل ٣١-٢٠).

٣١-١٤. الأستجابة المشروطة THE CONDITIONED RESPONSE

ربما يكون أبسط أشكال السلوك التعلمي هو الأستجابة المشروطة، وهي أساسا استجابة والتي، نتيجة تجربة، تصير وكأنها متسببة عن منبه يختلف عن المنبه الأصلي الذي بدأها. ونحن ندين في فهمنا لميكانيكية (وسيلة) الأستجابة المشروطة لأبحاث عالم الفسيولوجيا الروسي إيفان بافلوف (Ivan Pavlov). فلقد وجد ايفان بافلوف أن وضع الطعام في فم كلب يجعله يفرز لعابه، ربما يكون هذا انعكاسا بسيطا غرائزيا تشترك فيه براعم الذوق والخلايا العصبية الحسية وشبكات من الخلايا العصبية في المخ وخلايا عصبية موصلة تجري إلى الغدد اللعابية. وزيادة على ذلك وجد بافلوف أنه إذا دق ناقـوس في كل مرة تقدم فيها وجبة غذائية إلى فم الكلب، يفرز الكلب بالتالي اللعاب كلما سمع صوت الناقوس بمفردة، هذه هي الأستجابة المشروطة.

ونحن نفـترض أن الأساس الفسيولوجي للأستجابة المشروطة هو نقل، بواسطة الخـلايا العصبية المنـاسبـة، النشـاط العصبي في المنطقة السمعية للمخ إلى الخلايا



شكل (٣١-٢٠): كونـراد لورنـز (Konard Lorenz) مع وز صغير مقلد. في عام ١٩٧٣، شارك لورنز جائزة نوبل مع تنبرجن (Tinbergen) كارل فون فريش. (توم ماك أفوى) بتصريح من مجلة لايف، (٢) ١٩٥٥، تايم.

العصبية الموصلة المتحكمة في افراز اللعاب. وتشرك هذه العملية استخدام دوائر جديدة والتي، تجعلنا نفترض ايضا أنها مميزة لكل أشكال التعلم. وفي الحقيقة، يشعر بعض علماء الفسيولوجيا أن كل السلوك التعلمي ينشأ من نشوء الأستجابات المشروطة، يشعرون ايضا أن الأستجابة المشروطة هي الوحدة الأساسية حتى لكل الأشكال المعقدة جدا للسلوك الأنساني. وبينما لازالت معلوماتنا عن الطرق العقلية الأعلى في أجسامنا فقيرة جدا لقبول أو رفض هذه النظرية مباشرة، فليس هنا شك في أن الأنسان يمكن أن يكون مشروطا لحد ما.

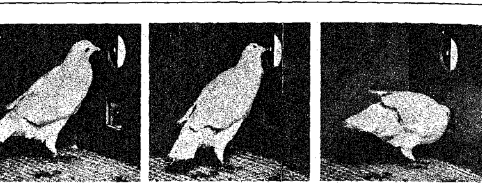
ولقد علمتنا التجارب عن التكيف conditioning الكثير عن طرق التعلم في الإنسان. ويحدث التكيف بسرعة أكثر (١) عند تقديم المنبه المشروط والمنبه الغير مشروط سوياً وبتكرار، (٢) عندما لايكون هناك أي تشتت، (٣) إذا ما أعطيت جائزة بصورة من الصور عند نجاح القيام بعملية الأستجابة المشروطة. ومشابها لذلك، كما

يعرف كل طالب، يتقدم التعلم بنجاح أكبر مع التكرار ونقص التشتت ووجود دافع قوى.

ولقد أثبتت الأستجابة المشروطة أنها وسيلة ممتازة لتحديد القدرات الحسية للحيوانات الأخرى. وكما رأينا في الشكل (٢٨-١٥)، يمكن تدريب نحل العسل في البحث عن الغذاء على قطعة من لوح الورق المقوى، فيتعلم النحل أن يربط اللون الأزرق بوجود الطعام، هذه هي إستجابة مشروطة. وبتقديم ألوان أخرى للنحل المشروط باللون الأزرق، يمكننا أن نكتشف النحل الذي يختلط عليه اللون الأزرق والنحل الذي لا يختلط عليه. وبهذه الطريقة، صمم كارل فون فريش (الذي تقاسم مع لورنز، تنبرجن عام ١٩٧٣ جائزة نوبل) على أن نحل العسل يمكنه أن يرى فقط أربعة ألوان مميزة هي: الأصفر - المخضر، الأزرق - الأخضر، الأزرق - البنفسجي، الفوق بنفسجي. ولقد تمت دراسة قدرة الحيوان على التمييز بين الأشكال المتشابهة والنغمات الموسيقية المتشابهة عن طريق وسائل التشريط.

٣١-١٥ . التكيف الجهازى (الآلى) INSTRUMENTAL CONDITIONING

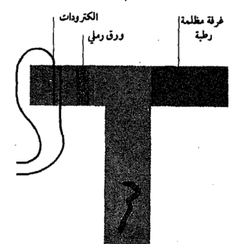
كان كلب بافلوف محجوزا في مكان واحد وكانت الأستجابة المشروطة (افراز اللعاب) غريزية، ولكن يمكن أيضا إستخدام أسس التكيف في تدريب الحيوانات لأداء أعمال ليست غريزية. وفي هذه الحال، يوضع الحيوان في مكان حيث يمكنه التحرك وينشغل في عدد من الأنشطة السلوكية المختلفة. ويختار من يقوم بالتجربة أن يكافىء الحيوان على نشاط واحد فقط - وعلى سبيل المثال الاتجاه إلى اليسار. وبأول مكافأة (مثل اعطاء الحيوان قطعة من الطعام) حتى مع أقل حركة إلى اليسار ثم فقط عن الدوران الكامل يمكن لمدرب ماهر أن يدرب حمامة ساذجة في خلال دقيقتين تقريبا على عمل دورة كاملة. وبجهد اكثر قليلا يمكن للحمامة أن تميز الرقم ٨. ويعرف مثل هذا التدريب بالتكيف الجهازى (Instrumental Conditioning) أو التكيف التشريحي (Operant Conditioning) (الشكل ٣١-٢١). والأسم الأخير استخدمة عالم الفسيولوجيا سكينر B. F. Skinner والتي مكنته مهارته في التكتيك في أن يدرب الحمام على لعب كرة الطاولة Ping-pong وحتى على اللعب على بيانو لعبة لأن هذا يدل على أنه عن طريق سلوكة يعمل الحيوان على بيئتة، أي، أنه يؤثر على موقعة.



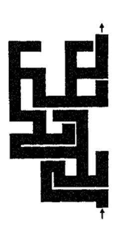
شكل ٣١-٢١ : التكيف الجهازى يمثل ببقعتين من الضوء، تلتقط الحمامة عند الضوء الأسطع ثم تصل لأسفل لالتقاط حبوب الطعام كمكافأة لها. (بتصريح من روى دي كارافا، سيانتيفيك أميريكان).

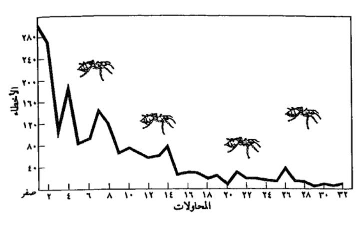
ويسمى التشريط الجهازى كذلك بتعلم المحاولة والخطأ لأن الحيوان يكون حرا في محاولة الأستجابة المختلفة قبل أن يجد أستجابة واحدة يكافأ عليها.

ومشاكل لعبة الحيرة (Maze problems) هي نوع من التكيف الجهازى الذي يواجه فيها الحيوان بمتغيرات متتالية. فكل الحيوانات المتجانسة بالنسبة للجهاز العصبي تمكنها أن تتعلم القيام بأداء بعض الأختبارات البسيطة المتناسقة عند مجابهتها بالبدائل. ففي لعبة حيرة على شكل T (شكل ٣١-٢٢) يمكن لدودة أرض أو حيوان بلاناريان أن يتعلم بالتدريج على أن يأخذ ذراع لعبة الحيرة الذي يؤدي إلى مكافأة (مثل غذاء، رطوبة)، أو يبعد الحيوان عن عقاب (مثل ورق رملى، صدمة كهربائية). ونشوء تلك الأستجابة هي طريقة بطيئة، على أية حال، لاتصل مطلقا إلى نقطة ١٠٠٪ من الأختيارات الصحيحة. ومن الطريف جدا أن دودة الأرض تتعلم كيف تحل لعبة الحيرة



شكل ٣-٢٢ : رسم محير على شكل حرف T. ممكن لدودة الأرض أن تتعلم أن تعلم الاختيار الصحيح خلال ٩٠٪ من الوقت.



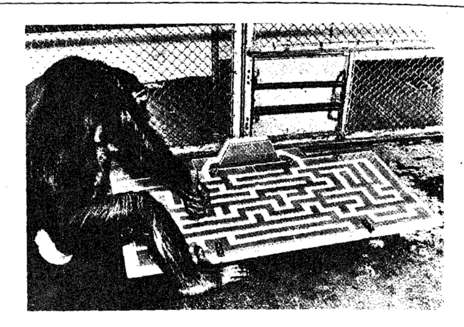


شكل ٣١-٢٣ : تعلم المحاولة والخطاء في النمل.

هذه حتى بعد إبعاد عقد مخها، ولكن بمجرد إبعاد عقد المخ ، تنسى الدودة ما تعلمته سابقا ولابد من اعادة تدريبها . **والنمل والفئران** تعتبر من الكائنات التي تحل لعبة الحيرة ببراعة . ويحتاج النمل لنحو ٢٨ محاولة لحل لعبة الحيرة التي ترى في الشكل (٣١-٢٣) . وبالنسبة لجوليا Julia (الشكل ٣١-٢٤)، فهي تستطيع أن تحل لعبة الحيرة مثل تلك التي شاهدتها في محاولتها الأولى أغلب الوقت (بنسبة ٦٨٪) وأحيانا أسرع مما يستطيعه الطلبة الذين يقومون بدراسة علم الأحياء .

٣١-١٦ . الحافــز MOTIVATION

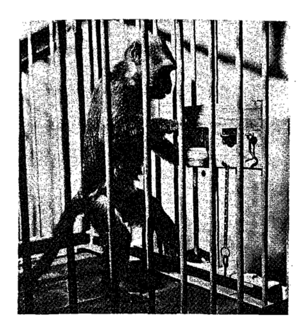
إن أي فرد حاول تدريب حيوان على طريقة من الطرق، مثل حل لغز لعبة الحيرة (Maze) التي تحتاج من الحيوان أن يشترك بنشاط فيها في عمل اختبارات ، يعرف أنه يمكن أن تكون المحاولة مزعجة . وطالب الفسيولوجيا عرضة في أن يجد أنه عند احضار فأر ولعبة الحيرة المجهزة حديثا مع بعضهما البعض، فان الفأر ببساطة يتكور في أحد أركان اللعبة . والمشكلة الرئيسية هنا هي الحافز . فالحيوان لابد من أن يريد الأشتراك في عملية التعلم . وبـين أغلب الحيوانـات ، فان الحافز (أو الرغبة Drive كما تسمى أحيانـا) مرتبـط بالأحتياجـات الجسـانيــة ، فالحيـوان العـطشـان يبحث عن المـاء والحيـوان الجـوعـان يبحث عن الـطعـام . والتدريب المثالي (Standard) على سبيل المثال، أن تحرم الفأر من الغذاء لمدة **٢٣** ساعة قبل استخدامة في التكييف الجهازي (عندما تكون الجائزة بطبيعة الحال هي الطعام) .



شكل ٣١-٢٤: جوليا، شمبانزي، تستخدم مغناطيس لتحريك حلقة جديدة خلال لعبة الحيرة (Maze) ولو أن طلبة علم الأحياء (البيولوجيا) غالبا يحلوا اللعبة أسرع مما تفعلة جوليا. وهذا ليس الحال دائما. (بتصريح من ب. رنسن).

والأقتناع (الرضى) بحوافزه هو الحافز الدافع وراء السلوك الحيواني. وفي بعض الأوقات، يمكن أن يكون الدافع الداخلي هام جدا. فالفأر الذي ينقصه السكر أو الملح أو حتى الثيامين في طعامة، يقوم بالبحث عن طعام يحتوي على المواد الناقصة إذ أنه يفضله على الطعام الذي تنقص فيه تلك المواد. وربما يمكننا أن نذهب بعيدا ونقول أن معظم السلوك التلقائي لتلك الحيوانات ينتج عن المحاولة للحفاظ على توازن وظائف سوائل الجسم (الهيميوستازيس Homeostasis) وكثير من تلك الدوافع لها منشؤها في غدة الهيبوثالاماس. وفي بعض الحالات (العطش، على سبيل المثال) تكتشف الهيبوثالاماس بالفعل النقص في ECF. وفي كل الحالات، يبدو أن الهيبوثالاماس تبدأ الأستجابات التي تؤدي إلى اقلال الحافز وقد تمنع كذلك بعضا من تلك الأستجابات عند الوصول إلى نقطة الرضى (الإقناع).

وبينما يمكننا تتبع الكثير من سلوك الأنسان في رغبته لأشباع احتياجاته الجسمانية، إلا أنه لا يمكن تفسيرها جميعا بمثل هذا الأسلوب. والكثير من الأشياء التي نفعلها، يبدو أننا نفعلها لأجل خاطرها. فلقد وجد أن الماعز والقردة والشمبانزي كذلك تنشغل في حل المشاكل بنشاط حتى ولو لم يكن هناك أي مكافأة خارجية أو أي عقاب (الشكل



شكـل ٣١-٢٥: حب الاستلاع في قرد. يحل القرد الفـزورة تكـراريا بدون أي حافـز أخر غير الذي يسببه العمل نفسه. (بتصريح من ميرون ديفيز، سيانتيفيك أميريكان).

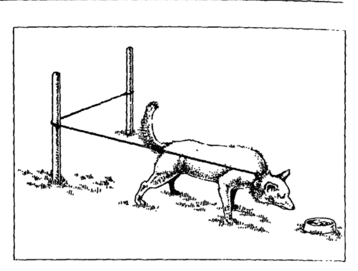
٣١-٢٥) ويبدو أن القيام بالعملية نفسها وكأنه هو المكافأة لنفس الحيوان.

وتعتبر الشمبانزي والأنسان غير عاديين أيضا في أن كلا منهما يعمل لأهداف بعيدة. فكلا الشمبانزي والأنسان يمكنهما التعلم للحصول على نقود (كمكافأة) بالرغم من أن النقود لاتشبع أي إحتياج جسماني. وبطبيعة الحال يمكن تحويل النقود إلى الطعام، هذا التـوقع يزود الحيوان أو الانسان بالدافع الكافي لفترة قصيرة من العمل في حالة الشمبانزي والعمل طوال العمر في حالة الأنسان.

٣١-١٧. التصور (الأدراك) CONCEPTS

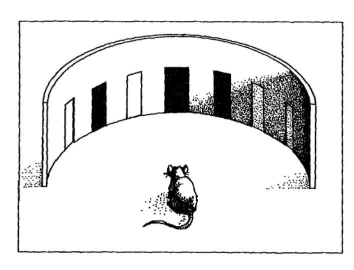
تقوم أغلب الحيوانات بحل ألغاز لعبة الحيرة (Maze) وغيرها من المشاكل بالمحاولة والخطأ. وظـالما يوجـد دافـع أو حافز كاف، فان تلك الحيوانات تجرب كل بديل وبالتدريج، عن طريق النجاح والفشل المتكرر، تتعلم كيف تحل المشكلة (الشكل ٣١-٢٦). وعلى أية حال، يلعب التعلم عن طريق المحاولة والخطأ دورا غير مهم في الأنسـان. فعنـد أية مشكلة، قد نقوم بمحاولة أو بمحاولتين عشوائيتين لحلها ثم، فجـأة، نجد لها الحـل، وتسمى مثل هذه الأستجابة فراسـة (Insight) (أحيانا يطلق عليها رد الفعل أها Aha").

وتختلف الأستجابات التي توجد كنتيجة لبعد الرؤية (أو الفراسة) كلية عن أي شيء



الشكـل ٣١-٢٦: مشكلة ديـتـور (Detour) كلب في النهاية يحل المشكلة بالمحاولة والخطأ.

اعتدناه حتى الآن. فبينما هي تعتمد على مواد سبق تعلمها، فهي استجابة جديدة كلية للفرد. وتحتاج الفراسة إلى وضع أشياء مألوفة مع بعضها البعض في طرق جديدة، وهي بذلك تكون قد أدت عملا خلاقا بحق. ويعتمد بعد الرؤية كذلك على نشوء تصورات أو أساسيات، ويمكن توضيح ذلك بتجربة تصورية (الشكل ٣١-٢٧). فاذا ما وضع فأر أمام أبواب نصف دائرية ويفتح ثلاثة منها في وقت واحد، ومهما كان أي من الأبواب هو التي سيفتح، إذا دخل الفأر من الباب الذي على اليمين أو الباب الذي على اليسار فان هذا الفأر سينال صدمة، لكن إذا ما دخل الفأر من الباب الأوسط سيجد مكافأة من الطعام. وإذا ما حدث وتعلم هذا الفأر أن يذهب مباشرة إلى الباب الأوسط (حتى إذا أدى هذا الباب إلى حدوث صدمة كما في المحاولة السابقة) فان الفأر يكون قد تعلم تصورا أو ادراكا (Concept)، وفي هذه الحالة، يكون التصور هو فكرة الوسط -Mid



شكل ٣١-٢٧: إذا أمكن للفـأر أن يتـعلم دائـما أن يذهب إلى وسط أحـد ثلاثة أبـواب حدث وكـانـت مفتـوحـة، لقـد تعلم أن يتصـور (يـدرك). ولـو أن شمبـانـزي يمكنه حل مثل تلك المشكلة بسهولة والفأر لايمكنه.

dleness ويكون الفأر غير متسجيب لأي مؤثر معين صلب ولكنه مستجيب لفكرة. وبتجاربة مع أبواب معينة يكون الفأر قد كون فكرة عن الأبواب عموما.

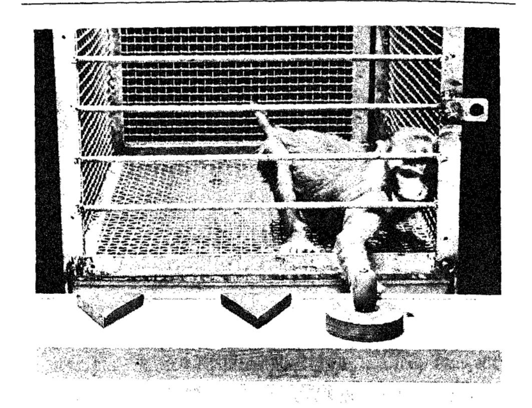
وفي الحقيقـة، قد يفشل الفأر في هذا الأختبار، إذ أن الفئران وأغلب الحيوانات عنـدهـا مقدرة قليلة أو ليست عندها القدرة بالمرة على عمل تعميم مبهم عن أشياء معينة. ويمكن للأنسان أن يحل مثل هذا النوع من المشاكل بطبيعة الحال، والشمبانزي قادرة أيضا على تكوين أفكار مبهمة، ويمكن للقردة والفيلة أن تحل المشاكل البسيطة التي تنطوي على شيىء من الغرابة (الشكل ٣١-٢٨).

وحل المشاكل من النوع الموضح بوضع الفأر أمام أبواب نصف دائرية يتدخل فيه شكل من أشكال التفكير. فالشمبانزي، التي يمكنها حل هذه المشكلة. ربما تفكر بدون مسـاعدة اللغة. وبالرغم من ذلك فهناك طريقتان مختلفتان للتفكير ولكن لهما علاقة ببعضهما البعض ومتداخلتان في حل المشكلة. إحداهما هي التفكير الأستدلالي (Inductive) والذي يتطلـب تعلم القاعـدة العامـة (الوسط) من التجربـة مع موقـف معيـن صلب . والثانية هي التفكير التنزيلـي (الأستقطـاعي) (Deductive) والذي يتـطلب تطبيق القـاعـدة العـامة على بعض المواقف الجديدة الخاصة. وإذا ما كان للشمبانزي لغة، فقد تقول: إذا كان الطعام موجودا دائما خلف الباب الأوسط، فانه عندئذ في هذه المرة لابد من أن يكون موضوعا خلف هذا الباب.

٣١-١٨. اللغـــة LANGUAGE

كل البشـر، وحتـى في أكثر المجتمعـات البدائية، عندهـم لغـة ناميـة جدا بأي شـكل من الأشكـال، هذا يتطلـب مستـوي ثان من الأبهـام (Abstraction) وفكرة كرسي أو باب، مثل فكرة وسط، هي نوع من الأبهام، إذ لا يوجد شيء مثل الكرسي (Chair) في الحروف C H A I R.

وبطبيعة الحال، من الممكن بجدارة خلق لغة مكتوبة برمز معين، كمسودة (رسم كروكي) لكـل تصور. وتتكون لغتنا المكتوبة من ٢٦ حرف وعن طريق ترتيب هذه الحروف في أنماط فريدة نستطيع كتابة هذه اللغة. إذا أردت، المعاني المرتبطة ب TAR. RAT, وبنفس الطريقة، تتكون لغتنا المنطوقة من ٣-٥ دست (Dozens) (معتمدة على



شكل ٣١-٢٨ : قرد صغير (Rhesus) يحل مشكلة غريبة (شاذة). لقد تعلم أن الطعام سيكون موجودا تحت أي شكل من الأشكال الثلاثة الغريبة المقدمة. (بتصريح من هـ. ف. هارلو، معمل الأوليات بجامعة وسكنس).

من يقوم بالعد) من الأصوات الواضحة أو phonemes.

ولعدة سنين كان المتفق عليه عموما أن صفة واحدة هي التي تميز الأنسان عن جميع الحيوانات الأخرى، ألا وهي إستخدام الأنسان للغة. وبطبيعة الحال نحن نعرف الآن أن الكثير من الحيوانات الأخرى (مثل النحل) لها وسائل ميكانيكية تمتلك بعض صفات اللغة. ولكن إلى عهد قريب، كان الأحساس بأنه لايوجد مخلوق آخر يمكنه، كما يمكننا نحن، من أخذ عدد صغير من الرموز المتعارف عليها وتجميعها بطرق معينة (فريدة) لأدراك أو تصور معين. وعلى أية حال، أظهرت سلاسل عديدة مدهشة من الأبحاث مع الشمبانزي أن هذا ليس صفة خاصة بالأنسان. فلقد اختار الزوجان آن (Ann) وديفيد بريماك (David Premack) أن يختبرا القدرة اللغوية للشمبانزي بإستخدام رموز من البلاستيك ذات ظهر معدني تعبيرا عن الكلمات، سبورة ممغنطة يمكن أن تجمع عليها تلك الرموز البلاستيكية في جمل. وبعد نحو الست سنوات من

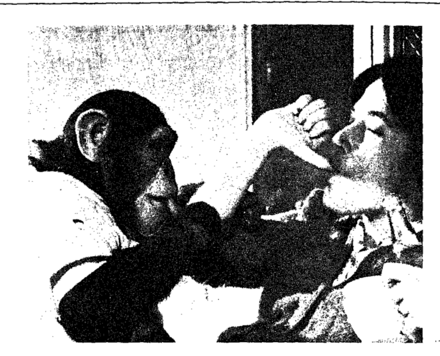
التدريب، أمكن لحيوان تجاربها - أنثى شمبانزي تسمى سارة (Sarah) - أن تتعلم نحو ١٣٠ كلمة. ولم يشمل هذا العدد أسماءا فقط (مثل سارة، تفاح، دلو) ولكن أفعالا (مثل يعطي، يأخذ، يغسل) وصفات (مثل أحمر وأصفر) (الرموز لهذه لم تكن ملونة) وتعلمت سارة كذلك أن تتعامل مع الرموز الممثلة لتلك التصورات مثل نفس "Same" "مختلف Different" "لا Not" "إذا - If" بعد then" وسؤال question. وبهذه الأدوات أمكن للشمبانزي سارة أن تمسك بزمام بعض أساسيات علم النحو والصرف (Grammar) وعلاوة على ذلك، ظهر كأنها تفكر في لغتها الرمزية. وإذا ما قدم لها اسم التفاحة الخاص بها (مثلث أزرق) وصفته بأنه أحمر، مستدير، له عنق، ولو أنه لم توجد تفاحة في هذا الوقت.

واستخدام الرموز التي يمكن أن تمارس باليد (بدلا من الكلمات المنطوقة) لأكتشاف قدرة اللغة للشمبانزي، ترتكز على المهارة اليدوية الواضحة للشمبانزيات وعدم قدرة لغة الشمبانزي باستخدام لغة الأشارة الأمريكية والتي يستخدمها فاقدى السمع (الصُم) في أمركيا الشمالية. وبينما توضح الكثير من الأشارات (الأيماءات) في هذه اللغة الغرض (الشكل ٣١-٢٩) فالكثير منها لاتوضح هذا الغرض، وبعد ٢٢ شهرا من التدريب، تعلمت أنثى الشمبانزي الصغيرة، المسماه والشو، اكثر من ٣٠ علامة، وأمكنها بهذه العلامات أن تفعل الكثير من الطلبات وتجيب على الأسئلة السهلة. وكلما إعتقدت أن أحداً لايلاحظها، كانت تتكلم لنفسها أو تسمى الأشياء في صورة كتاب. وغالبا، في طريقها إلى دورة المياه، فعلت إشارة السرعة.

وبينما تبدو المهارات التي تقوم بها سارة، واشو أولية (بدائية) فهي، لاتقل بأي حال من الأحوال عن مهارة طفل عمره سنتين. واللذين يعتقدون أن قدرة الأنسان الكلامية تختلف نوعية، وليس مجرد كمية، عن تلك القدرة الكلامية عند الشمبانزي، فانه يبدو الان أنها تحمل عبء البرهان.

٣١-١٩. الذاكــرة MEMORY

يعتمد كل التعلم على الذاكرة، فاذا ما أراد الكائن أن يحور من سلوكه بالتجربة، فلابـد له أن يتـذكر ماذا كانت تجربته هذه. وبمجرد تعلم بعض الشيء، فالذاكرة ضرورية لدوام التعلم.



شكل ٣١-٢٩ : واشو (Washoe) أنثى شمبانزي صغيرة، تعطى أشارة الشرب في لغة الاشارة الأمريكية للطرش (عديمي السمع) (بتصريح من ر. ألن جاردنز، بياتريس ت. جاردنر).

ولقد اقترحت نظريتان أساسيتان للذاكرة، إحداهما هي أن الذاكرة عملية ديناميكية، طبقا لهذه النظرية فالأحساسات تتسبب في ظهور النبضات العصبية والتي تدور عندئذ إلى مالا نهاية خلال شبكة الخلايا العصبية في الجهاز العصبي المركزي. وإذا ما اعتبر انسان الشبكة المهولة من الخلايا العصبية الرابطة بداخل مخ الأنسان، فان هذه النظرية تبدو مقبولة. وتعمل الدوائر المستخدمة في تخزين المعلومات في بعض الحاسبات الآلية (الكمبيوتارات) الحديثة على نفس القاعدة. ويؤيد تلك النظرية الديناميكية للذاكرة الحقيقة المفزعة في أنه لم توجد بتاتا منطقة خاصة في مخ الأنسان ضرورية لحفظ الذكريات القديمة ومهما كان الخلل الذي قد يحدث نتيجة التلف لأحدى مناطق المخ أو غيرها، لايبدو ان لفقد الذاكرة دخل في ذلك. ومن جهة أخرى فلابد للذاكرة الديناميكية أن تكون دائما عاملة. فاذا ما توقفت جميع النبضات العصبية في المخ، حتى ولو للحظة، فان مثل هذا النوع من الذاكرة سيفقد. وعلى أية حال، فانه عند تبريد الفئران التي تدربت على لعبة الحيرة بعناية (بحرص) للدرجة التي لايمكن معها إكتشاف أي نشاط كهربائي في المخ، ثم يعاد تدفئة هذه الفئران، فان تلك الفئران تتذكر تدريبها السابق.

وتؤيد هذه الحقيقة النظرية الثانية للذاكرة وهي أن كل إحساس أمكن تذكره تنتج عنه بعض التغيرات الدائمة في طبيعة المخ. وربما يحدث تغيير في مقاومة بعض النهايات العصبية، ولو أن حقيقة أن الذاكرة يبدو أنها لا تقع في أي مكان في المخ تعارض هذا الرأي. وحديثا، إقترح العديد من علماء علم الأحياء (البيولوجيا) ان ذاكرتنا قد تخزن في شفرة كيميائية بداخل المخ. والبعض ينظر إلى (RNA) والبعض الآخر ينظر إلى بعض البروتينات، على أنها هي المواد التي تخزن فيها الذكريات على هيئة شفرات. وكما تتذكر، يمكن لهذه الجزيئات الكبيرة أن تتكون في عدد لانهاية له من الطرق.

وانها حقيقة أمكن توضيحها بأن محتويات (RNA) في الخلايا العصبية تزداد مع نشاطها طالما أن نشاطها في حدود المعدلات الطبيعية. علاوة على ذلك، وجد أن محتويات (RNA) في الخلايا العصبية في الحبل الشوكي للأنسان تزداد ابتداء من عمر ثلاث سنوات حتى عمر الأربعين سنة. وبعد سن الأربعين، تبقى محتويات (RNA) في الخلايا العصبية ثابتة حتى عمر ٥٥ أ ، ٦٠، ثم تنخفض بسرعة.

ولقد تقدم البعض بإقتراح مفاده أن الذاكرة مبرمجة بطريقة معينة في (RNA) كتفسير لتجارب تعلم معينة والتي تم اجراؤها على حيوانات البلانيارات. وكما ذكرنا، يمكن لتلك المخلوقات أن تتعلم كيف تحل لعبة الحيرة التي على شكل حرف T ، كما يمكنها أيضا تعلم استجابة مشروطة. ويسود رأس الدودة على الذيل في هذه الأستجابات، فاذا ما قطعت الدودة إلى نصفين، فان كلا من الرأس والذيل يجدد الأجزاء الغائبة. وتحتفظ كلا الدودتين المجددتين ببعض الذاكرة التي سبق وأن تدربت عليها. وعلى أية حال، إذا ما سمح للقطع أن تتجدد في ماء بركة أضيف اليه بعض من الأنزيم (RNA) الريبونيوكلييز RNA- Ribonuclease ، فان الرأس السائدة فقط هي التي تحتفظ بذاكرتها. وادعى عالم مجرب آخر انه إذا ما جمع بلاناريات مدربة مع بعضها البعض وغذيت لبلاناريات غير مدربة، فان البلاناريات الأخيرة يمكن بالمثل تدريبها في وقت أقصر بكثير عن البلاناريات المغذاه طبيعيا.

وتسبب مثل هذه التقارير المدهشة المذكورة في اجراء العديد من التجارب المتشابهة في الكثير من المعامل المختلفة. وأجريت هذه التجارب ليس فقط بحيوانات البلاناريات ولكن كذلك بحيوانات أرقى مثل الجرذان والفئران. ويدعى بعض

المشتغلين بتلك التجارب أن التعلم يمكن نقله من حيوان إلى آخر باستخلاص (RNA) من الحيوانات المدربة وحقنه في الحيوانات الغير مدربة. ويدعي باحثون آخرون أنهم حصلوا على نفس العمل الباهر باستخدام البروتينات وحتى، في إحدى الحالات، باستخدام عديد ببتيدات تحتوي على ١٥ حمض أميني. ووجد بعض الباحثين عقاقيرا يدعون أنها تسرع تخليق (RNA) وكذلك التعلم. ولسوء الحظ، فانه في كل واحدة من تلك الحالات، لم يستطع المشتغلون في معامل أخرى في الغالب أن يكرروا تلك النتائج . وربما لايكون هذا داعيا في الحقيقة أن تؤثر على سلوك حيوان مثل الفار يمكن أن يتجاهلها أولا يأخذها الباحث في الحسبان. علاوة على ذلك، فان نقل التعلم والذي يدعية البعض حقيقة يضم ببساطة تعلم أسرع Faster learning" من جانب المستلمين (المتلقين) عن المقارنة. ولربما أن هذه المستخلصات والكيمياويات والتي يعتقد أنها تنقل أو تسرع التعلم يمكنها ببساطة أن تسرع النشاط العام (General activity للمستلمين (Recipients).

لم يحن الوقت بعد لنقول ماهي طبيعة الذاكرة. ربما تغييرات كلا الطريقتين الديناميكية والجسمانية - الكيمياوية مسئولتان عن ذلك. ويؤكد إكتشاف أن الحصول على ذاكرة يبدو أنه يحدث على الأقل على خطوتين واضحتين. ففى الأنسان، على سبيل المثال، فان تلف الفصوص الصدغية (الزمنية) قد ينتج عنه فقد القدرة على تذكر تعلم جديد لأكثر من ساعة تقريبا. ومثل هذا التلف ليس له تأثير على الذكريات التي إكتسبها الأنسان في السنوات التي سبقت حدوث التلف. ومرضى الأمراض العقلية الذين يجري لهم العلاج بالصدمات الكهربائية لايمكنهم تذكر الأحداث التي حدثت قبل العلاج مباشرة، ولكنهم لايعجزون عند تذكر الأحداث السابقة. وفي السمك الذهبي والفئران، ظهر أن إستخدام الكيمياويات التي تمنع تخليق البروتينات تمنع إكتساب الذاكرة البعيدة المدى ولكن لاتمنع إكتساب الذاكرة القصيرة المدى، وعلى أية حال فان منع تخليق البروتين لايمنع تذكر Recall الذكريات القديمة. وأمكن إثبات ذلك بتدريب مجموعة من الفئران على إختيار ذراع واحد (الذراع الأيسر مثلا) من أذرع لعبة الحيرة. وبعد ثلاثة أسابيع دربوا ثانية على إختيار الذراع الآخر (اليمين). ثم أعطى البعض مانع تخليق البروتين وأعطى الآخرون محلول ملحى. وعند إختبارهم بعد ثلاثة أيام إختارت الفئران التي حدث بها تثبيط تخليط البروتين

الذراع الأيسر، بينما ذهبت الفئران التي تناولت المحلول الملحى إلى الذراع الأيمن.

٣١-٢٠ . الأهمية التأقلمية للسلوك

THE ADAPTIVE SIGNIFICANCE OF BEHAVIOR

تركزت الأهمية في هذا الباب حتى الآن على الأنواع المختلفة من السلوك. ويعتمد كل من هذه على مايمكن أن نسميه ماكينة السلوك: المستقبلات الحسية، والدوران في الجهاز العصبي، نظام العضلات، التي تم وصفها كلها من قبل في الأبواب ٢٨ إلى ٣٠. وإلى الآن، عندما سألنا ما الذي يسبب نوعا معينا من السلوك فاننا في الواقع كنا نسأل كيف يبدأ السلوك، مثل، هل يبدأ بمنبه رؤية أو بفيرومون. وبعبارة أخرى، إنصب إهتمامنا أساسا عن كيف How يسلك الحيوان المسلك التي يقوم به.

والآن لنوسع نظرتنا عن السلوك، وثانيا نريد أن نعرف ماالذي يسبب السلوك، ولكننا الان مهتمون بالذهاب أبعد من المسببات الوقتية لمعرفة لماذا Why يسلك الحيوان كما يفعل. أو لنضع ذلك اكثر دقة، نريد أن نعرف الان ماهي القيمة التأقلمية لسلوك معين في حياة الحيوان والتي نتجت عن هذا السلوك والذي أصبح جزء من الأرث التطوري للنوع مثل تتابع الأحماض الأمينية في بروتيناتها ومثل تشريح جهازه العصبي.

وتواجه الحيوانات بأربعة أحمال طاغية في حياتها، ألا وهي: (١) أن تأكل (٢) أن تتفادى أن تؤكل، (٣) أن تكون قادرة على البقاء في الأحوال الطبيعية لبيئتها، (٤) أن تمرر جيناتها إلى الجيل التالي. ولنختبر مثالا أو مثالين من السلوك الحيواني الذي يقابل كلا من تلك الحتميات. وفي كل حالة، سنختبر أولا أمثلة مميزة للأنواع التي تعيش معيشة انفرادية (Solitary) أي الأنواع التي لاتقابل أفرادها بعضها البعض الا عند التلقيح والتي تربى نسلها بنفسها. ثم بعد ذلك سنختبر أمثلة مأخوذة من الأنواع التي تعيش معيشة اجتماعية - وهي الأنواع التي تتصل وتتعاون مع بعضها البعض أبعد من اتصالها داخل الأسرة المباشرة.

السلوك الغذائي FEEDING BEHAVIOR

تختلف الحيوانات في إتساع أذواقها، فبعض الأنواع، مثل الفراشة المشهورة بطول

خرطومها البالغ ٢٥ سم وشديدة التخصص لدرجة أنها توفر كل احتياجاتها الغذائية من منبع واحد من النبات (في هذه الحالة الأوركيد الأستوائي والذي تبلغ فيه غدد الرحيق Nectary - ٢٥ سم طولا). وأنواع أخرى شاملة التغذية، تختار من بين مدى كبير من الأنواع التي تؤكل. وفي حالة الأنواع الشاملة التغذية، تشمل تلك التغذية صنع الأختيار، أي نوع من الغذاء تختارة في وقت معين. وفي العادة يختار الحيوان نوعا معينا من الغذاء ويركز عليه إلى أن يصل إلى نقطة العائد المتدني. وجسم الغذاء هو طاقة ولكنه يحتاج إلى طاقة كي ينمو كغذاء، لذلك فان سلوك الحيوان يكون بطريقة تعمل على زيادة معدل التكلفة / الفائدة إلى درجتها القصوى لرعية. ويتحول الحيوان من غذاء إلى آخر عندما يصبح معدل التكلفة / الفائدة للغذاء الأول اكبر من معدل تكلفة / فائدة الغذاء الثاني.

و تقل تكاليف طاقة الرعى بتكوين تصور بحثى Search Image" لنوع الغذاء الذي، بالنسبة للوقت الحالي، يعطى عائدا مثمرا. ولقد رأينا كيف أن نحل العسل الراعي يكون صورة بحثية تعتمد على لون، رائحة، شكل المنبع الغذائي. ويستمر النحل الراعي في العودة إلى هذا المنبع الغذائي إلى أن يقودة النحل الكشاف إلى مصدر أغنى من الغذاء. ولبعض الأنواع، قد لايكون التصور البحثى هو مظهر المادة الغذائية كما هي، لكن المكان المعين (مثل حقل تم حرثة) الذي يستمر في مكافأتها عن مجهوداتها (مثل تجربة صياد محنك يعرف أين يختفي سمك التراوت الكبير). وبدلا من صرف الطاقة في الطيران النشط لأجل الرعى، تستخدم الكثير من الحيوانات طاقتها لأنشاء مصائد، مواد جاذبة وغيرها، والتي تغرى فرائسها للحضور اليها حتى تكون في متناولها (انظر على سبيل المثال، الشكل ٤٤-٨).

وتدور أغلب حياة الحيوانات الأجتماعية حول التغذية التعاونية، فنحل العسل والحشرات الأجتماعية الأخرى هي أمثلة رائعة على ذلك. وعلى أية حال فالتغذية التعاونية توجد أيضا في مجتمعات الحيوانات الفقارية. فالذئاب على سبيل المثال، تصطاد في الغالب في مجاميع، اذ تتعاون في النيل من فريستها (اصطيادها) وتشارك الغنيمة مع الأفراد الأخرى من المجموعة.

السلـوك الدفاعي DEFENSIVE BEHAVIOR

تختلف أشكال السلوك الدفاعي كثيرا في المملكة الحيوانية، فهي تتراوح بين الهرب ببساطة من المفترسات المتوقعة إلى استخدام أسلحة دفاعية واستخدام التخفى أو المحاكاة. وتضم الحيوانات الأجتماعية في العادة سلوكا تعاونيا ضد المفترسات في تجمعاتها، اذ يوجد فرد في القطيع يبقى للحراسة بينما ترعى الأفراد الاخرى، ويعطى هذا الفرد إشارة إنذاز إذا ما هدد القطيع أي خطر.ويتعاون كثير من أنواع الطيور في التـألب (التغلب) على المفترسات المتوقعة مثل الصقور والبوم. وتوجد أمثلة إضافية للسلوك الدفاعي في شكل ٤٤-٦.

البقاء في البيئة الطبيعية

SURVIVAL IN THE PHYSICAL ENVIRONMENT

تستطيع أغلب الحيوانات أن تحيا فقط في حدود مدى معين من الحرارة، الملوحة، الرطوبة، غيرها. ويمكن أن يكون هذا المدى عريضا نسبيا للحيوانات أمثال الفقاريات والطيور، التي تمتلك ميكانيكيات (وسائل) لها الكفاءة للحفاظ على توازن وظائف السوائل (Homeostatic) لبيئتها الداخلية. وهذا المدى يمكن أن يكون أضيق لحيوانات فقارية مثل الأسماك والبرمائيات وكذلك للحيوانات اللافقارية. وعلى سبيل المثال، فالحيوان القشرى *(Porcelio)* (انظر الشكل ٣٩-١٨). وهو أحد القشريات الأرضية القليلة، لايمكنه البقاء طويلا في هواء جاف. وبهبوط الرطوبة النسبية، تزيد الحيوانات المذكورة من معدل حركتها وعند زيادة الرطوبة يقل معدل تلك الحركة وتكون نتيجة هذا السلوك، المسمى *Kinesis* هو أن الحيوان يتجمع تدريجيا في مناطق عالية الرطوبة. ويحدث هذا حتى ولو أن إتجاه الحركة لايحمل أي علاقة بأتجاه المنطقة ذات الرطوبة المرتفعة (وإذا ما حدث ، تكون الأستجابة تكليفا (Taxis) (أنظر قسم ٣١-٣).

ويتعاون نحل العسل في حفظ درجة الحرارة بداخل الخلية ثابتة، ففي الجو الحار، تقف بعض الشغالات عند مدخل الخلية وتهز أجنتها لتهوية الخلية. وتحضر الشغالات الراعيات (Foragers) الماء أيضا إلى الخلية ويساعد تبخير هذا الماء على ترطيب الخلية.

وفي الجو البارد، يتكتل النحل سويا ويرتعش، باعثا حرارة. ويكون النحل الموجود في وسط الكتلة قنوات تسمح للحرارة بالمرور للخارج لمحيط الكتلة، حيث يكون فقد الحرارة اكبر.

سلوك التكاثر REPRODUCTIVE BEHAVIOR

في أغلب الحيوانات نجد أن الأناث هي التي تختار الذكور، تقع الأخيرة في تنافس مع بعضها البعض للحصول على تلك الأناث. ولذلك فاننا نجد أن ذكور الكثير من الأنواع تنشغل في سلوك غزلي (كذكور السمك - المسمى Stickle back - انظر الشكل ٣١-٩) وغالبا مايؤكد السلوك الغزلي أن الجهاز التناسلي للذكور والأناث (البيض البالغ، غيرة) سيكون جاهزا للتزاوج في نفس الوقت.

وتجهز ذكور أنواع كثيرة مناطقا لها لتستخدمها كمكان للحضانة وتربية الصغار. وعلى أية حال، فالكثير من الطيور يجازف بمنطقة تستخدم كذلك للتغذية وهي تدافع عنها ضد الدخلاء من أفراد نوعها الاخرين.

ويتطلب الدفاع عن المنطقة في الغالب القتال بين الذكور ولكن يكون هذا القتال في الغالب من مظاهر الطقوس اكثر منه كمصدر خطورة. وعلى أية حال، فان الذكور التي تقهر في كل المحاولات تبعد عن التربية. وبينما يكون موتها بسبب عوامل أخرى الا أنه من المحتمل أن يكون موتها هذا أكثر ارتفاعا عن موت الأفراد الأخرى التي ثبتت نفسها في المنطقة. اذن فالذكور الذين ليس لهم مأوى تمدنا بمخزن والذي منه يمكن للمنطقة أن تعوض سكانها من الذكور الدائمين في حالة مقتلهم.

والفقاريات التي تعيش في مجاميع اجتماعية غالبا ماتكون زعامات سائدة، الأمر بالتلقيط "Pecking Order" بين سكان حظيرة الدجاج لهو مثال على ذلك. وبمجرد أن يعرف كل فرد مكانة في الزعامة السائدة ويقتنع بدوره فان كمية الطاقة المطلوبة للمنافسة على الغذاء وعلى التزاوج تقل كثيرا. والذكور المرؤوسة في الزعامة السائدة نادرا ما تنجح في التربية. ويقتات جميع المرؤوسين من ذكور واناث على الغذاء الذي يتركه لهم الأفراد السائدة من المجموعة. ولقد أمكن توضيح أن المرؤوسين من كلا الجنسين هم أول ما يموت في أوقات الضغط بسبب المجاعة، الحالات البيئية الغير

مواتية (السيئة) والأمراض.

وكل أشكال سلوك التكاثر هي حصيلة وكذلك سبب قوي التطور القوية. ويمكنك أن تتصور جيدا أن الجينات المتحكمة في سلوك الغزل، سلوك المناطق والسلوك السائد تختار بشدة لأجل ذلك، أي من المحتمل أن تمرر إلى الأجيال المستقبلية.

ملخص الباب CHAPTER SUMMARY

ان من المناسب التمييز بين أشكال السلوك الغرائزى (اللاارادى) والسلوك التعلمي، ولو أن أغلب السلوك يشتمل على عناصر من كلا النوعين.

والسلوك الغريزى هو سلوك يسود فيه الأحساس، أي، أن منبه معين يبدأ إستجابة مطبوعة. والحيوانات دقيقة الأختيار في كمية ونوع التغيرات البيئية التي تكون منبهات فعالة لها، يجهز جهازها العصبي قيمة المعلومات الحسية المتاحة لها بطريقة تجعل حدوث السلوك فقط عندما تكون تلك المعلومات أساسية (ضرورية) لرفاهيتها. ولهذا السبب يمكن في العادة للمجرب أن يظهر السلوك الغير سليم باستخدام إشارات قد توجد في العادة في بيئة الحيوان.

والسلوك التعلمي هو السلوك المحور بالتجربة، لذلك يحتاج السلوك التعلمي للذاكرة والقاعدة الفسيولوجية للذاكرة غير معروفة.

وبعض الحيوانات - غير الأنسان - يبدو وكأن عندها القدرة على الأستجابة للمبهمات (النظريات) أي تكون تصورات. ويمثل مثل هذا السلوك الضد الأقصى للأمتداد المستمر من مثل النوع المطبوع، وهو السلوك الغريزى السائد - حساسية مثل التكليفات (Taxes) والأنعكاسات (ردود الفعل) البسيطة.

ومهما كانت المساهمة النسبية لمكونات السلوك الغريزى والسلوك التعلمي، فان سلوك الحيوان يقابل أحد الأحتياجات التالية في حياة الحيوان: (١) تأمين الغذاء، (٢) تجنب المفترسات، (٣) تجنب الحالات الطبيعية التي تهدد الحياة في البيئة، (٤) التكاثر الجنسي. والحيوانات الأجتماعية، مثل نحل العسل، النمل الأبيض، بعض أنواع

الفقاريات، تنشغل في سلوك تعاوني يساعدها على الوفاء بأحد (أو بأكثر) من تلك الأحتياجات.

تمارين ومسائل EXERCISES AND PROBLEMS

١ ـ صمم تجربـة لبيان أن كان النحل الكشاف يستطيع أو لا يستطيع أن يتصل بالنحل الراعي الآخر ليخبره عن إتجاه مصدر الغذاء الموجود على بعد ٢٠٠ متر من الخلية.

٢ ـ كيف يمكنك إثبات أن مستقبلات الرائحة في نحلة العسل موجودة على قرون الأستشعار؟ اذكر طريقتك بالتفصيل.

٣ ـ إذا صدم شخص عن طريق القدم، يحدث رد فعل انسحابي بسيط للقدم. صف كيف يمكن أن يتكيف (Conditioned) رد الفعل هذا؟. ماهي التغيرات في وظيفة الجهاز العصبي التي تحدث أثناء تلك العملية؟.

٤ ـ في العشرين من مارس، تشرق الشمس في الشرق عند الساعة السادسة صباحا وتغرب في الغرب تقريبا بعد ١٢ ساعة. وعند الساعة التاسعة صباحا، تقوم نحلة كشافة بعمل رقصة هزة الذيل بحيث يكون الجزء المستقيم من الرقصة عند الـزاوية ١٣٥ على يمـين الخط الـرأسى. في أي إتجاه يوجد الغذاء الذي تم الأبلاغ عنه؟

٥ ـ كيف ترقص نحلة كشافة في داخل الخلية وقت الظهر في يوم العشرين من مارس عند اكتشافها غذاء على بعد ١٠٠٠ متر إلى شمال الخلية؟

٦ ـ كيف ترقص النحلة الكشافة عند اكتشافها الغذاء على مسافة ٥٠٠٠ متر شمال شرق الخلية؟

٧ ـ لخص الطرق المختلفة للأتصالات بين الأنواع الموجودة في الحيوانات.

٨ ـ ميـز ما بين الإنتحـاء (Tropism) والتكليف (Taxes).

٩ ـ صمم تجربة لتوضيح عما إذا كان الكلب يستطيع التمييز، بين نوتتين كاملتين على البيانو.

١٠ ـ صمم تجربة لتوضيح ما إذا كان عند النمل أية رؤية للألوان.

REFERENCES

المـراجع :

1 - HAILMAN, J. P., "How an Instinct Is Learned," Scientific American. Offprint No. 1165, December, 1969.

2 - ADLER, J., "The Sensing of Chemicals by Bacteria," Scientific American. Offpting No. 1337, April, 1976.

3 - MERTON, P. A. "How we Control the Contraction of Our Muscles," Scientific American. Offprint No. 1249, May, 1972. Primarily controlling with the role of muscle spindle in controlling the stretch reflex.

4 - BENZER, S., "Genetic Dissection of Behavior," Scientific American. Offprint No. 1285, December, 1973. Fruit flies that are genetic mosaics of normal and mutant parts reveal clues to the structural basis of their behavior patterns.

5 - EMLN, S. T., "The Stellar - Orientation System of a Migratory Bird," Scientific American. Offprint No. 1327, August, 1975. Experiments with an indigo bunting in a planetarium.

6 - SAUNDERS, D. S., "The Biological Clock of Insects," Scientific American, Offprint No. 1335, Februaru, 1976.

7 - BENTLEY, D., and R. R. HOY, "The Neurobiology of Cricket Song," Scientific American. Offprint No. 1302, August, 1974. The song pattern of each cricket species is stored in its genes.

8 - VON FRISCH, K., Bees: Their Vision. Chemical Senses. and Language, Cornell University Press, New York, 1950. In this small book (available in a paperback edition) Von Frisch describes the experiments which led him to so many discoveries in the fascinating behavior of bees.

9 - VON FRISCH, K., "Dialects in the Language of the Bees," Scientific American, offprint no.130, August, 1962. Different kinds of bees vary in the details of their dances. These variations provide clues to the evolution of this system of communication.

10- MENZEL, R., and J. ERBER, "Learning and Memory in Bees," Scientific

American, Offprint No. 1395, July, 1978.

11- HEINRICH, B., "The Regulation of Temperature in the Honey bee Swarm," Scientific American, Offprint No. 1499, June, 1981.

12- WEHNER, R., "Polarized - Light Navigation by Insects," Scientific American, Offprint No. 1342, July, 1976.

13- MORSE, R.A, "Environmental Control in the Bee hive," Scientific American, Offprint No. 1247, April, 1972.

14- LINDAUER, M., Communication Among Social Bees, Harvard University Press, Cambridge, Mass., 1961. A report by a former student of von Frisch of further discoveries in the role that communication plays in the lives of bees.

15- MICHENER, C. D., and MARY H. MICHENER, American Social Insects, Van Nostrand, Princeton, N. J., 1951. Beautifully illustrated accounts of the lives of the wasps, bees, ants, and termites.

16- CHEESMAN, EVELYN, Insects: Their Secret World, William, Sloan Associates, New York, 1953. Includes fascinating example of insect behavior.

17- HES, E. H., "Imprinting in a Natural Laboratory," Scientific American, Offprint No. 540, August, 1972.

18- BLOUGH, D. S., "Experiments in Animal Psychophysics," Scientific American. Offprint No. 458, July, 1961. Instrumental conditioning is used to assess the discriminatory ability of pigeons.

19- FISHER, A. E., "Chemical Stimulation of the Brain," Scientific Amerian, Offprint No. 485, June, 1964. Predictable behavior patterns in rats can be triggered by the application of certain chemicals to specific areas of the brain.

20- PREMACK, ANN J., and D. PREMACK, "Teaching Language to an Ape," Scientific American. Offprint No. 549, October, 1972. The story of Sarah.

21- SAVAGE - RUMBAUGH, E. SUE, D.M. RUMBAUGH, and SARAH BOYSEN, "Do Apes Use Language," American Scientist 68:49, January-

February, 1980. A review of the studies performed by the Premacks, the Gardners, and the author group at the Yerkes Regional Primate Research Center of Emory University.

22- HOCKETT, C.F., "The Origin of Speech," Scientific American. Offprint No. 603, September, 1960. The characteristics of human language and how it compares with other forms of animal communication.

23- BLAKEMORE, R. P., and R. B. FRANKEL, "Magnetic Navigation in Bacteria," Scientific American. offprint No. 1505, December, 1981.

24- SEELEY, T.D., "How Honey Bees Find a Home," Scientific American, Offprint No. 1524, October, 1982.

القسم الثامن : التطور

PART VIII: EVOLUTION

مقدمة أسس التصنيف

INTRODUCTION: PRINCIPLES OF CLASSIFICATION

توجد الحياة على كوكبنا الأرضي في عدد مذهل من الأشكال المختلفة وقد تم بالفعل إكتشاف ١٫٢ مليون شكل من الكائنات الحية على الأقل وتزداد القائمة كل عام. أضف إلى ذلك أن البقايا الحفرية تقول أنه كانت هناك أنواع عديدة تسكن الأرض ولكنها إندثرت الآن.

قبل أن يمكن وضع علم الأحياء على أي أسس علمية مفهومة كان لابد من وضع نظام لهذه الأعداد الكبيرة غير المنظمة. كان ذلك بمحاولة ضم الأشكال المتباينة للحياة في فئات categories أو بعبارة أخرى تصنيفهم. فالكائنات التي كانت تشبه بعضها البعض كانت توضع مع بعضها في مجموعة. في أوائل النظم التصنيفية على سبيل المثال كانت كل الكائنات الخضراء والتي ليس لها قدرة على الحركة تضم مع بعضها في المملكة النباتية بينما الكائنات غير الخضراء والتي لها قدرة على الحركة تضم مع بعضها في عالم الحيوانات أو المملكة الحيوانية. قلة من الكائنات مع ذلك مثل عيش الغراب لم تتفق تماما مع أي من هاتين الفئتين ولكن مثل هذه الصعوبات العارضة كانت تحل بوضع مثل هذه الأشكال المحيرة في المملكة التي كانت تبدو أكثر ملائمة من غيرها.

مع إكتشاف الكائنات الدقيقة في القرن السابع عشر أصبحت مشاكل التصنيف أكثر صعوبة. فقد إكتشف صانع العدسات الهولندي فان ليفنهوك وصانعو المجاهر الذين أتوا من بعده العديد من الكائنات الضئيلة التي ليست لها أي من المميزات النموذجية لأي من المملكتين. البكتيريا على سبيل المثال إنضمت إلى المملكة النباتية بطريقة تقريبية للغاية كما أنهم إكتشفوا أشكالا مثل الكائن المجهري الأخضر السابح

يوجلينا *Euglena* (أنـظر الشكـل ٣٣-١١، في البـاب الثالث والثلاثين) الذي له صفات من كل من النباتات والحيوانات. وهذه أصبحت مسائل جادة يتنازع عليها علماء النبات وعلماء الحيوان. وحتى اليوم فإن أغلب كتب علم النبات تضم اليوجلينا وبقية الكائنات الجدلية المشابهة بينما تضمهم كتب علم الحيوان أيضا.

منـذ حوالى مائة عام إقترح عالم الأحياء الألماني هيكل Haeckel مخرجا من هذا الوضع المضطرب. فقد إقترح إنشاء مملكة ثالثة هي البروتيستا Protista لتضم تلك الكائنات التي لا تتوافق تماما مع المملكة النباتية أو المملكة الحيوانية. منذ ذلك الحين إتضح أن مثل هذا الحل يفشل في تغطية الصفات الخاصة جداً لمجموعتين: المجموعة بدائية النواة وتشمل البكتيريا والطحالب الخضراء المزرقة ومجموعة الفطريات. تختلف بدائيات النواة عن كل المخلوقات الأخرى من نواحي عديدة من أوضحها أن خلاياها تفتقـر إلى أنـوية وذلك يبرر تماما إنشاء مملكة رابعة هي المونيرا Monera الفطريات حقيقية النواة ولكنهم بكل تأكيد ليسوا حيوانات ولا نباتات. وهم أيضا مختلفون من نواحي عديدة عن البروتيستا مثل الأميبا واليوجلينا. لذلك إستنتج معظم علماء الأحياء أنه ينبغي أن تكون للفطريات مملكة خاصة بهم.

عند هذه النقطة قد تشعر بأن إنشاء خمس ممالك هو ضرب من التخبط والكثير من الدارسين يشعرون أن ذلك ليس إلا إعترافا بالفشل في التغلب على الصعوبات التي تكتنف التحديد النهائي لماهية كل من هذه المخلوقات إن كان نباتا أو حيوانا. وبينما يمكن فهم مثل هذا الشعور إلا أنه لا يعى بالكامل ما هو النظام التصنيف وما هو الهدف منه.

أسس التصنيف THE PRINCIPLES OF CLASSIFICATION

التصنيف هو وضع تلك الأشياء المتشابهة مع بعضها في فئات. وبينما يبدو ذلك بسيطا فإنه قد يكون صعبا عند الممارسة العملية. أولا علينا أن نقرر ماهي أهم أوجه التشابه بالنسبة لأهدافنا. واحدا من أوائل النظم التصنيفية ضم في فئة واحدة كل تلك العصور الحيوانية التي تعيش في نفس البيئة وعلى ذلك تم تصنيف الأسماك والحيتان والبطريق ضمن المخلوقات السبّاحة. هذا النوع من النظم التصنيفية كان غالبا يبنى على أساس أن المخلوقات ذوات الأعضاء المتشابهة analagous ينبغي أن تنضم مع

بعضهـا. الأعضـاء المتشابهة هي الأعضاء التي لها نفس الوظيفة. فزعانف الأسماك وأطـراف الحيتان والبطريق كلها أعضاء متشابهة لأنها تستعمل في السباحة. أجنحة الطيور والخفافيش والحشرات كلها أعضاء متشابهة لأنها تجعل الطيران ممكنا.

حينما زادت المعرفة بتشريح الكائنات الحية إتضح أن أوجه التشابه في البيئة وفي الأعضاء المتشابهة كانت غالبا سطحية فقط. فوجود الفراء عند الخفافيش ورعايتهم لصغـارهم ووجود الريش عند الطيور مع وضعهم للبيض بينما تكون الحشرات من ذوات الدم البارد وليس بها هيكل داخلي كل ذلك يؤكد أن هذه الكائنات تختلف عن بعضها البعض من نواحي أهم بكثير من نواحي التشابه الموجودة بينها. وقد أدى تقدير الأهمية الحقيقية للتبـاين والتشـابه بين الكائنات بعالم الطبيعيات السويدي كارلوس لينيوس Carolus Linnaeus إلى وضع النظام الحديث للتصنيف. ففي عام ١٧٥٣ نشر تصنيف للنباتات تبعه في عام ١٧٥٨ بتصنيف للحيوانات. لذلك فإنه غالبا يسمى أبو التقسيم taxonomy وهو الإسم الذي أطلق على دراسة التصنيف. والنظام الذي نستعمله اليوم هو في الأساس نظامه وهو مبنى على مبدأ التناظر homology.

لماذا كان للتصنيف المبنى على التناظر هذه الأهمية ؟ لابد أن تكون الأبواب السابقة قد أقنعتك بأن التصنيف المبنى على أساس أعضاء متناظرة هو تصنيف مبنى على صلة القربى Kinship

فئات التصنيف CATEGORIES OF CLASSIFICATION

النـوع species هو الوحدة الأساسية للتصنيف. أما المجموعات التي تضع فيها الأنـواع المتشـابهـة فانها تسمى أجنـاس genera (المفرد: جنس genus). الأجناس المتقاربة بدورها توضع في فصائل families والفصائل المتقاربة تشكل الرتب orders ، والرتب تنظم مع بعضها في صفوف أو طوائف classes . والطوائف المتشابهة توضع مع بعضها في شعبة phylum واحدة. الشُعب phyla التي توجد بينها صلة قرابة تنضم معا لتكون مملكة kingdom.

بالاضافة إلى هذه الفئات الرئيسية فإن علماء التصنيف غالباً ما يضطرون إلى إضافة فئات أخرى: الشعبة قد تنقسم إلى شُعيبات subphyla ، وفي بعض الحالات لابد من

وجود فوق طائفة superclass وطويئفة «أو تحت صف» subclass وفوق فصيلة super-family وتحت فصيلة supfamily.

الأسمـاء العلميـة SCIENTIFIC NAMES

على الرغم من أن لينيوس لم يكن ليؤمن بالتطور فإن إلمامه الفطري بأهمية التناظر أعطانا نظاما تصنيفيا مازال صالحا حتى اليوم. وهو أيضا يستحق الشكر من كل علماء الأحياء في كل مكان لأنه أعطانا نظاما لتسمية الأنواع. فكل لغة فيها كلمات خاصة بها للنباتات والحيوانات. فالكلب في اللغة الإنجليزيةي هو dog وفي الألمانية hund وفي الفرنسية chien. المعرفة في علم الأحياء يتم إكتشافها كما في بقية العلوم بمعزل عن الحدود الوطنية. لذلك كان من المهم أن يعرف علماء الأحياء في كل بلد ماهي الكائنات التي يدرسها زملاؤهم في البلدان الأخرى. نظام التسمية الذي وضعه لينيوس يحقق هذا الهدف.

يتكون الإسم العلمي لكل نوع من جزئين. الأول هو إسم الجنس الذي ينتمي إليه الكائن؛ الثاني وهو ما يعرف «باللقب النوعي specific epithet» يحدد نوع بالذات في داخل الجنس. وعلى ذلك فالكلب المنزلي هو *Cains familiaris*. الأسماء اللاتينية إستعملها لينيوس ولكن منذ ذلك الحين كان عدد الأنواع المكتشفة كثيرا لدرجة أن علماء التصنيف الآن يصيغـون إسم الجنس كإسم لاتيني واللقب النـوعي في صورة صفة لاتينية. يكتب الإسمين بحروف مائلة *italics* ويبدأ إسم الجنس بحرف كبير وليس إسم النوع. لاحظ كذلك أن حروف الهجاء الرومانية تستعمل دائما في هذا الغرض حتى عند علماء الأحياء في بلدان مثل اليابـان حيـث تستعمـل حـروف أخـرى فـي الأغـراض العادية.

غالبـا ما يتم إشتقـاق اللقب النوعي من إسم المكتشف. على ذلك يكون إسم العصفور الدوار الذي إكتشفه بروير Brewer هو *Spizella breweri*. أحيانا ترى إسم آخر مكتوب بعد الإسم العلمي بحروف غير مائلة. هذا هو إسم عالم التصنيف الذي صاغ الإسم العلمي. لينيوس نفسه هو الذي إقترح الإسم العلمي الذي نستعمله للكلب ولذلك غالبا يكتب. *Canis familiaris L.* مع الأعداد الهائلة من الأنواع التي تتطلب أسماء لك أن تتخيل أن إثنين أو أكثر من علماء التصنيف قد يضعون أسماء

مختلفة لنفس الكائن. لذلك وضعت قواعد محددة تقوم على تنفيذها لجان دولية للتغلب على مثل هذه الصعوبات.

أحيانا يضاف جزء ثالث بحروف مائلة وباللغة اللاتينية إلى الإسم العلمي للكائن. هذا هو إسم تحت النوع subspecies وهو يميز شكل معين، غالباً محلي، من أشكال النـوع عن بقية الأشكال التي تنتمي إلى نفس النوع. فعلى الرغم من الاختلافات الظاهرة بينهم فإن كل سلالات الكلب تنتمي إلى نفس النوع. هناك أنواع أخرى معروفة تشتمل على «سلالات breeds» متميزة عن بعضها إلى حدما. هذه السلالات تسمى فنيا «سلالات» races أو أصناف varieties أو تحـت أنـواع subspecies. يوجد بالفعل من الطائر المغرد *Gèothlypis trichas* سبعـة تحـت أنـواع متميزة.

الفئات العليا HIGHER CATE GORIES

الآن رأيت كيف يعمل النظام التصنيفي فإنه ينبغي أن يكون من السهل عليك معرفة كم هو تقريبي. المجموعة التصنيفية الوحيدة التي لها وجود خارج عقولنا هي النوع. وكل أفراد النوع الواحد ينبغي أن تستطيع التزاوج بنجاح فيما بينها على الرغم من صعوبة الحصول على معلومات محددة بالنسبة لهذه النقطة. فلكي يعتبر التزواج ناجحا يجب أن تكـون الذرية خصيبة بنفس القدر كالآباء. ومع ذلك فالحقيقة أن الحصان والحمار يمكنهما التزواج مع بعضهما لاتمنعنا من تصنيفهما في نوعين منفصلين لأن البغـل الذي ينجبانه يكون عقيماً. النوع إذن هو الوحدة الوحيدة التي لها وجود الطبيعة. أما بناء الأجناس والفصائل والرتب الخ فهو نتاج للتقدير البشري.

بينما يكون هدف دراسة التصنيف دائما هو الوصول إلى تصنيف «طبيعي» natural أي تصنيف مبنى على التاريخ التطورى إلا أن هذا الهدف غالبا لا يتحقق. فالكثير من الأنـواع وخـاصـة الأحياء الدقيقة والحيوانات ذات الأجسام الرخوة لم تترك بقايا حفرية. يترتب على ذلك أن علماء التصنيف لابد أن يحاولوا إعادة بناء التاريخ التطورى للكثير من المجموعات على أساس أدلة غير مباشرة ـ أساسا التناظرات المفترضة بين الأشكال الحية. وعلى الرغم من أنهم يبذلون أقصى ماعندهم من جهد إلا أنهم غالبا ما يضطرون إلى الإعتراف بالفشل.

ما الذي يمكن أن يفعله المرء حينما لا يكون هناك دليل كافي لتحديد العلاقات

التـطورية ؟ حسن، النـظام التصنيفي الـذي يفشل في إعطاء صورة عن القرابات الحقيقية هو أفضل من عدم وجود نظام تصنيفي بالمرة. لذلك فإننا نبنى نظاماً تصنيفياً باستخـدام صفـات في متنـاول أيدينا حتى ولو أدى ذلك إلى أن تكون الفئات غير «طبيعية». في الأبواب القليلة القادمة سوف ندرس عدة شُعب لا تمثل بالتأكيد تجمعات «طبيعية» من الكائنات الحية. وكلما تحسنت المعرفة بالمخلوقات في هذه الفئات فإننا نأمل أن يتم تصنيفهم في النهاية على أساس القرابة. وقد يؤدي ذلك إلى زيادة ضخمة في عدد الطوائف (وكذلك الفئات الأدنى).

لقـد كان الإتجـاه في التصنيف نحـو رفـع مستـوى المجمـوعـات الأكثر بدائية، فالـطحـالب الخضراء المـزرقـة على سبيل المثال، كانت يوما ما رتبة في داخل صف الطحالب الذي كان بدوره جزء من طائفة الثالوسيات في المملكة النباتية. أما اليوم فإننا نضع الطحالب الخضراء المزرقة ضمن المونيرا Monera وهي مملكة لا تشاركهم فيها إلا البكتـيريا. قد يكـون هناك أكثر من خسمة أفرع رئيسية لشجرة العائلة الخاصة بالأحياء ومع ذلك سوف نتمسك بهؤلاء الخمسة. وفي الأبواب الخمسة التالية من هذا القسم سوف ندرس المجموعات الرئيسية التي تشتمل عليها كل مملكة.

CHAPTER 32 الباب الثاني والثلاثون

بدائيات النواة (مملكة مونيرا)

THE PROKARYOTES (KINGDOM MONERA)

THE NATURE OF PROKARYOTES	٣٢-١ . طبيعة بدائيات النواة
THE BACTERIAL CELL	٣٢-٢ . الخلية البكتيرية
THE CLASSIFICATION OF BACTERIA	٣٢-٣ . تصنيف البكتيريا
THE PHOTOSYNTHETIC BACTERIA	٣٢-٤ . بكتيريا البناء الضوئي
THE CHEMOAUTOTROPHIC BACTERIA	٣٢-٥ . البكتيريا ذاتية التغذية الكيميائية
GRAM POSITIVE RODS	٣٢-٦ . البكتيريا العصوية الموجبة لصبغة جرام
GRAM-POSITIVE COCCI	٣٢-٧ . البكتيريا الكروية الموجبة لصغبة جرام
GRAM-NEGATIVE RODS	٣٢-٨ . البكتيريا العصوية السالبة لصبغة جرام
GRAM-NEGATIVE COCCI	٣٢-٩ . البكتيريا الكروية السالبة لصبغة جرام
SPIRILLA	٣٢-١٠ . البكتيريا الحلزونية
ACTINOMYCETES AND THEIR RELATIVES	٣٢-١١ . البكتيريا الشعاعية وأقاربها
SPIROCHETES	٣٢-١٢ . السبيروكيتات
MYCOPLASMS	٣٢-١٣ . الميكوبلازمات
RICKETTSIAS AND CHLAMYDIAE	٣٢-١٤ . الريكتسيات والكلاميديات
GLIDING BACTERIA	٣٢-١٥ . البكتيريا الزاحفة

الباب الثاني والثلاثون

بدائيات النواة (مملكة مونيرا)

٣٢-١ . طبيعة بدائيات النواة THE NATURE OF PROKARYOTES

إذا فحصنا تركيب الخلايا في المخلوقات المتباينة التي تعيش على الأرض فإنه يظهر لنا بوضوح فرق أساسي بين نوعين. خلايا معظم الكائنات تحتوي على أنوية وميتوكوندريا وبلاستيدات (اذا كانت تقوم بالبناء الضوئي) وأغلب التراكيب الأخرى التي وصفناها في الباب الخامس. مثل هذه الخلايا تسمى حقيقية النواة eukaryotes ومع ذلك فان خلايا البكتيريا وخلايا الطحالب الخضراء المزرقة لاتحتوي على هذه العضيات . هذه المخلوقات تسمى بدائية النواة prokaryotes.

تختلف بدائيات النواة عن حقيقيات النواة من عدة نواحي. ففيها كروموسوم واحد فقط ولايكون متحد معه هستونات . ليس فيها أنابيب دقيقة microtubules (قد يكون هناك إستثناء واحد) وبالتالي لاتوجد بها سنتريولات ولامغزل ولا أجسام قاعدية . وبينما يكون لبعض بدائيات النواة أسواط "flagella" فإنها لاتكون مركبة من أنابيب دقيقة كما هو الحال في أسواط وأهداب cilia حقيقيات النواة. الريبوسوم في بدائيات النواة مختلف في تركيبه عن الريبوسومات الموجودة في حقيقيات النواة. وكما سوف نرى فإن بدائيات النواة تشترك في عدد من الصفات الكيميائية الحيوية التي لاتوجد في حقيقيات النواة.

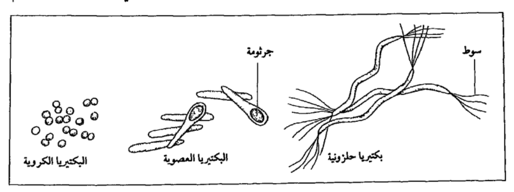
التكاثر في بدائيات النواة يكون في أغلب الاحيان لاجنسي. وتلك الأنواع التي تستطيع أن تحقق عملية التهجين الوراثي تفعل ذلك بأسلوب مختلف تماماً عما هو موجود

في حقيقيات النواة. أحد الأفـراد (العاطي donor) ينقل ببساطة بعض جيناته الى فرد آخـر (المستقبـل recipient) لايوجـد إنقسام اختزالي. وقد تحدثنا عن التفاصيل الدقيقة للتكاثر الجنسي الذي يحدث في بكتيريا معينة (مثل بكتيريا القولون *E.coli*) في القسم ٩-٤.

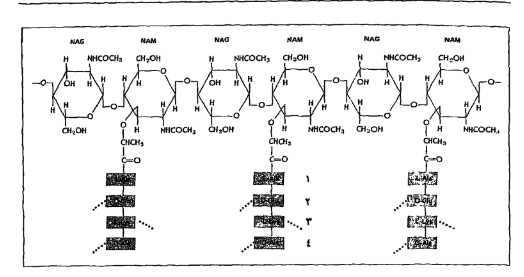
٣٢-٢. الخلية البكتيرية THE BACTERIAL CELL

تعبأ الخلية البكتيريا داخل جدار خلوى. وكما في حالة النباتات المائية فان الجدار يمدها بالقوة التي تمنع الخلية من الانفجار عند وجودها في وسط ناقص التوتر (مثل بركة). والجدار صلب أيضا بها يكفي لاكساب الخلية شكل ثابت نسبيا. البكتيريا التي تشبـه العصا تسمى بالبكتيريا العصوية bacilli والبكتيريا التي يكون جدارها كروي تسمى البكتيريا الكروية cocci البكتيريا الحلزونية spirilla تكون الجدر فيها متموجة أو منحنية (الشكل ٣٢-١).

تتركب جدر البكتيريا من مادة متبلمرة معقدة تسمى ببتيدوجلايكان peptidoglycan وكما قد يوحي إليك هذا الاسم فانه يحتوي على الاحمـاض الامينية والسكريات. السكـريات من نوعـين: سكر سداسي يحتوي على النتروجين ويسمى ن ـ اسيتايل جلوكوزامين N-acetylglucasamine (NAG) وحمض ن ـ أسيتايل ميوراميك (NAM) N-acetylmuramic هذان النوعان يشكلان بلمرة مستقيمة يتبادل فيها NAG مع NAM (الشكل ٣٢-٢). تكون الروابط بين ذرات الكربون رقم ١ ورقم ٤ ويكون إتجاهها كما في حالة السيليلوز (انظر الشكل ٤-١٤). انها هذه الرابطة التي يهاجمها الليزوزيم



الشكـل ٣٢-١: ثلاثـة من الاشكال الشائعة في البكتيريا. كل يحافظ على شكلة بواسطة الجدار الخلوي الصلب.

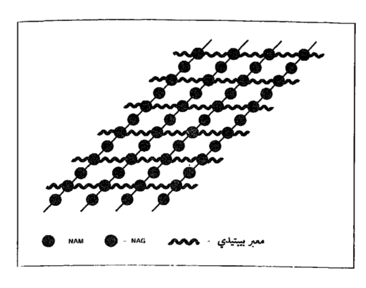


الشكل ٣٢-٢. تركيب الببتيدوجلايكان، المركب الرئيسي في جدار الخلّية البكتيرية. لاحظ التشابه مع الكايتين (الشكل ٣٣-١٤). الترابط بين السكرات الأمينية في هذا البوليمر يشبة الترابط في السيليلوز (الشكل ٤-١٤). بعض الأختلافات في رباعيات الببتيد المتصلة بوحدات NAM يكون موجود في بعض الأنواع. ففي بعض الأنواع مثلا قد يوجد حمض ثنائي امينوبايميليك - و هو حمض اميني لايوجد الا في بدائيات النواة - في الموضع رقم ٣. النقاط تشير الى الأماكن التي قد تنشأ عندها روابط تساهمية بين سلاسل متجاورة. هذه المعابر قد تكون مباشرة او قد تشتمل على ببتيدات قصيرة اضافية مثل ٥ رواسب من الجلايسين.

(إرجع إلى الشكل ٦-١٨ والشكل ٦-٢٠).

يتصل بكل NAM سلسلة جانبية تحتوي على ٤ أحماض أمينية. الأول (وهو الأقرب) هو الألانين (Ala) الثاني هو حمض الجلوتاميك (Glu). ولكن هذا الحامض يكون في صورة D وليس في الصورة L التي توجد في جميع البروتينات (وهنا قد ترغب في العودة إلى ما قلناه عن النظائر الضوئية في القسم ٤-٤). الحامض الأميني الثالث قد يكون الصورة L من اللايسين او بذلاً من ذلك يكون هو حامض ثنائي أمينوبايميليك diaminopimelic acid وهو حامض لايوجد في البروتينات على الإطلاق (ولا في أي جزء من حقيقيات النواة). الحامض الأميني الطرفي في هذه السلسلة هو الصورة D من الألانين.

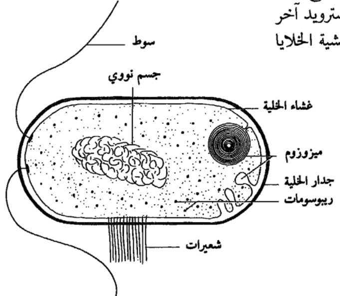
الشيء المهم في هذه الرباعيات الببتيدية المتصلة بـ NAM هو أنه يمكن أن تنشأ بينها روابط تساهمية. هذه قد تكون روابط ببتيدية مباشرة بين مجموعة NH_2- من حامض أميني (مثل اللايسين) في إحدى السلاسل ومجموعة COOH - في سلسلة أخرى (مثل D-Ala) ومع ذلك غالبا ما تنغرس معابر قصيرة من الأحماض الأمينية بين رباعيات



الشكل ٣٢-٣. تركيب الجدار في البكتيريا. المعابر العرضية البيتيدية توفر روابط تساهمية بين السلاسل المتجاورة ليس فقط في نفس المستوى (كما هو مبين هنا) ولكن في المستويات الأعلى والأسفل هذا التركيب يعطي الجدار قوة كبيرة.

البيتيد للسلاسل المتجاورة. الارتباطات العرضية بين وحدات NAM يمكن أن تربط السلاسل المتجاورة في نفس المستوي (الشكل ٣٢-٣) وكذلك في المستويات الأعلى والأسفل منها. إنه هذا التركيب المعقد ذو الارتباطات العرضية التساهمية الذي يجعل للجدار تلك القوة الكبيرة. وهو أيضا الذي يقودنا إلى الاستنتاج أن جدار الخلية البكتيرية ينطبق عليه تعريف الجزيء الواحد (وان كان ذو حجم غير محدد ومتغير).

يقع غشاء الخلية تحت الجدار الخلوي مباشرة (الشكل ٣٢-٤). وهو يحتوي على طبقة مزدوجة من الفوسفوليبيد تشبه تلك التي وجدناها في غشاء الخلية حقيقية النواة (إرجع الى الشكل ٥-٤) ومع ذلك لايوجد كوليسترول أو أي ستروييد آخر في طبقة الفوسفوليبيد في أغشية الخلايا البكتيرية.



الشكل ٣٢-٤. بنية خلية بكتيريا نموذجية. الميزوزومات هي انبعاجات للداخل من غشاء الخلية.

يستطيع الكثير من البكتيريا السباحة بواسطة أسواط. ترتبط الأسواط بغشاء الخلية وتبرز من خلال جدار الخلية. تركيب الأسواط البكتيرية يختلف تماما عنه في أسواط حقيقيات النواة الذي ذكرناه في الباب الثلاثين. فلا يوجد فيه الترتيب ٩+٢ من الانابيب الدقيقة المحتوية على التيوبيولين ولكن بدلا من ذلك يوجد ببساطة خيط مفرد يتركيب من بروتين يسمى فلاجيلين flagellin.

بعض البكتيريا (مثل بكتيريا القولون) لها مجموعة ثانية من الخيوط البروتينية المتصلة بالغشاء الخلوي والتي تبرز من خلال الجدار الخلوي. هذه تسمى الشعيرات pili (الشكل ٣٢-٥). وظيفة معظم الشعيرات غير معروفة تماما. ومع ذلك فأن شعيرات معينة تكون ضرورية للتكاثر الجنسي (او التزاوج conjugation) بطريقة ما غير مفهومة بوضوح حتى الان تمكن هذه الشعيرات جزءا من كروموسوم العاطى من أن يحقن في المستقبل.

قد تنثنى أجزاء من غشاء الخلية إلى داخل السيتوبلازم فتتكون منها الميزوزومات mesosomes (أو الأجسام الوسطية). تؤدي الميزوزومات عدة وظائف. فعندما تستعد



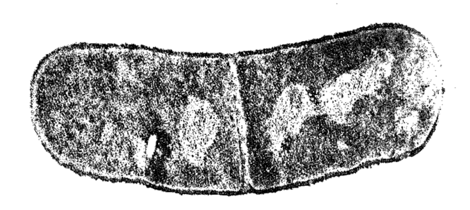
الشكل ٣٢-٥. الشعيرات في بكتيريا القولون الشعيرة الطويلة بين الخلايا ضرورية لانتقال المادة الوراثية من المعطى المذكر (الى اليسار) الى المستقبل. هذه الخلية المذكرة لها ايضا شعيرات اخرى كثيرة لا تشارك في التزاوج. (صورة المجهر الأليكتروني قامت بتخضيرها جوديث كارنهان وتشارلز برنتون ومأخوذة من ر. واي. ستانير، م. دودوروف، اي. ادلبرج-١٩٧٠. بتصريح من برنتيس - هال المحدودة، نيوجرسي).

الخلية البكتيرية للانقسام فان تكوين الجدار المستعرض الجديد يتم بمساعدة الميزوزومات ومن المحتمل ان يعاون ميزوزروم في الانفصال المنظم للكروموسوم البكتيري المتضاعف (الذي يكون متصلا به). يتم تغليف إفرازات الخلية في ميزوزومات ثم تفريغها منها. وباختصار فان الميزوزومات تقوم بتلك الوظائف التي تتطلب وفرة إحتياطية من الغشاء الخلوي.

لاتوجد في البكتيريا نواة تحدها أغشية. ومع ذلك فان الكروموسوم البكتيري - وهو حلقة مغلقة من خيط مزدوج من الحمض DNA يبلغ محيطها حوالي ١مم- يكون منثنيا على نفسه على هيئة جسم نووى "nuclear body" في داخل الخلية (الشكل ٣٢-٦).

الكثير من البكتيريا ينتج جراثيم (أو أبواغ) spores عندما يقل الغذاء. وكل خلية لا تنتج إلا جرثومة واحدة (وعلى ذلك فالجراثيم البكتيرية ليست وسائل للتكاثر اللاجنسي). الكروموسوم المتضاعف حديثاً وبعض الريبوسومات و مجموعة كبيرة من الانزيمات تتغلف في طبقة مزدوجة من غشاء الخلية وطبقات من الببتيدوجلايكان. يُنتزع معظم الماء من الجرثومة ويتوقف الأيض.

تكون الجراثيم شديدة المقاومة للظروف البيئية القاسية مثل الجفاف وأقصى درجات الحرارة. وعندما تتحسن الظروف ينشط الأيض في الجرثومة وتنبت إلى خلية خضرية. وقد وجد أن جراثيم بكتيريا التربة مازالت حية بعد ٥٠ سنة من الكمون.



الشكل ٣٢-٦. صورة بالمجهر الأليكتروني لخلية بكتيريا منقسمة. التكبير حوالي ٥٣ الف مرة. المناطق الباهتة في كل خلية بنوية هي الاجسام النووية. (بتصريح من سي. ف. روبينو و ج. ماراك).

٣٢-٣. تصنيف البكتيريا THE CLASSIFICATION OF BACTERIA

تصنيف البكتيريا صعب للغاية. وهو مبني على صفات مثل الشكل والقدرة على تكوين جراثيم وطريقة إنتاج الطاقة (الجلكزة عند اللاهوائيات والتنفس الخلوي عند الهوائيات) وتفاعلها مع صبغة جرام Gram stain. أما صبغة جـرام فقد إبتكرها عالم البكتـيريـا الـدانمـاركي كريستيان جـرام منذ سنـوات عديـدة (في عام ١٨٨٤). تصبـغ الخلايا أولا في صبغـة قرمزية تسمى كريستال فيوليت crystal violet ثم يعالج التحضير بالكحول أو الأسيتون الذي يغسل الكريستـال فيوليـت من الخلايا السالبـة لصبغـة جرام gram-negative ولكي يمكن مشـاهدتهـا عند هـذه النقطـة لابد من صبغـة مضادة ذات لـون مختلف (مثل اللـون الوردى لصبغـة الصفرانيـن safranin) البكتيريا التي لم تفقد لونها بالكحول أو الأسيتون تسمى موجبة لصبغة جرام gram-positive.

وقد تبدو صبغة جرام لأول وهلة كوسيلة تقريبية جدا للاستعمال في التصنيف ومع ذلك فقد دلت البحوث في السنوات الأخيرة على أن هذه الصبغة تميز بين نوعين مختلفين تماما من جدر الخلايا البكتيرية وربما كانت تعكس إنقسام طبيعي وهام في البكتيريا.

وبصفـة عامـة فان النظام التصنيفي الحالي للبكتيريا (وهو محل مراجعة مستمرة) يصعب إعتباره نظاما طبيعيا أي يكشف عن القرابات التطورية. أفضل طريقة لجعل النظام طبيعيا أكثر مما هو الآن هي دراسة نسب الدي أوكسي ريبونيوكليوتيدات في هذه الكائنات. قد تتذكر انه في عينـه من الحامض DNA تكون كمية A مساوية لكمية T وبالمثل تكون كمية C مساوية لكمية G ولكن نسبـة C + G إلى A + T تختلف كثيرا بين البكتيريا وبعضها البعض. بعبارة أخرى فان بعض البكتيريا تفضل الكودونات المحتوية على G , C والأخرى تفضل T,A النسبة C + G : A + T تتراوح بين ٣٠٪ في بعض الأنواع إلى ٧٠-٨٠٪ في أنواع أخرى (في الانسان والفقاريات الأخرى تكون النسبة ٤٠٪).

من الصعب أن نفهم كيف يمكن لنوعين لصيقى الصلة من البكتيريا أن يختلفا كثيرا في خاصية جوهـرية مثل إستخدامها للشفرة الوراثية. وعلى ذلك كلما وجدنا نوعين بكتيريين لهما نسب C + G: A + T متباعدة كثيرا فانه لابد لنا أن نفترض انهما بعيدي

الصلة حتى ولو كنا قد صنفناهما من قبل مع بعضهما على أسس أخرى مثل الشكل وما إلى ذلك. وعلى الرغم من هذه المؤشرات فان تصنيف البكتيريا، وخاصة الفئات الأعلى من الفصيلة والرتبة، يظل غير طبيعي وسوف نتناول باختصار ١٢ مجموعة.

٣٢-٤ . بكتيريا البناء الضوئي THE PHOTOSYNTHETIC BACTERIA

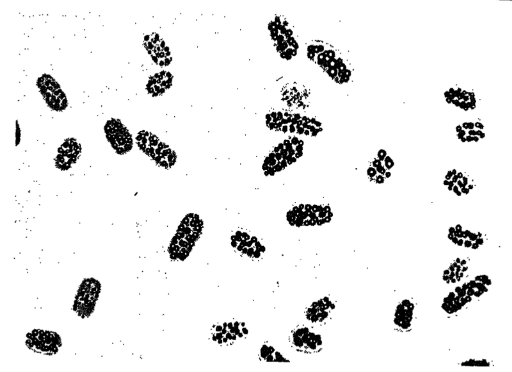
تستغل بكتيريا البناء الضوئى طاقة ضوء الشمس (كما تفعل النباتات الخضراء) في إختـزال ثاني اوكسيد الكربون إلى مادة كربوهيدراتية. على خلاف البناء الضوئي في النباتات الخضراء فان مصدر الاليكترونات ليس الماء على الاطلاق. بكتيريا الكبريت الارجوانية purple sulfer bacteria وبكتيريا الكبريـت الخضـراء green sulfer bacteria تستخـدم كبريتيد الهيـدروجـين (H_2S) للحصـول على الاليكترونات اللازمة لتخليق NADPH و ATP وينتج الكبريت العنصري في هذه العملية (غالبا ما يختزن على هيئة حبيبات داخل الخلية – الشكل ٣٢-٧).

$$2H_2S + CO_2 \rightarrow (CH_2O) + H_2O + 2S$$

ولقد أوحت هذه العملية إلى فان نيل بفكرة دور الضوء في البناء الضوئي في النباتات الخضراء (انظر القسم ٨-٧).

تحتـوي بكتـيريا البنـاء الضـوئى على أشكـال خاصـة من الكلوروفيل (تسمى الـكـلوروفـيل الـبكتيـري bacteriochlorophyll) وهي تكـون موجـودة في أغشية الميزوزومات. وبهذه الطريقة تستطيع أداء النظام الضوئى ١ ولكن ليس النظام الضوئي ٢ (وهو ما يفسر عدم قدرتها على إستخدام الماء كمصدر للإليكترونات).

معظم بكتيريا البناء الضوئي لاهوائية إجبارية أي أنها لاتحتمل الأوكسجين الحر. ولـذلـك فهي محصـورة في بيئات معينة مثل سطح الترسيبات الموجودة في قاع البرك ومصبات الأنهار. في مثل هذه المواقع قد يكون عليها أن تكتفي بما قد يمر من طاقة إشعاعية من خلال النباتات المائية والطحالب الخضراء التي تنمو في الماء الذي يعلوها. ومن المثير حقا أن طيف الامتصاص للكلوروفيلات البكتيرية يقع معظمة في المنطقة تحت الحمراء من الطيف بحيث يمكنها الايقاع بالطاقة التي أفلتت من الطحالب التي تنمو أعلى منها (إزاحة الصفة؟).



الشكل ٣٢-٧ . كروماتيوم Chromatium واحدة من بكتريا الكبريت الأرجوانية . الاجسام اللامعة داخل الخلايا هي حبيبات من الكبريت . لاحظ الأسواط . «من هـ . ج . شليجل و ن . بفينيج - ١٩٦١)

ولكن تبقى مشكلة . فالكائنات الحية لاتستطيع ان تعيش بالمواد الكربوهيدراتية وحدها ولابد لها من عدد المركبات النتروجينية) مثل NH_3 ، NO_3) كي تستطيع تخليق البروتينات والأحماض النووية . فاذا افترضنا ان الجو المبكر للارض كان يحتوي على غاز النتروجين (N_2) كما هو الحال الآن فإنه كان لابد من إيجاد طريقة لتثبيت هذا النتروجين في صورة مركبات . بكتيريا البناء الضوئى قادرة على ذلك . وعلى ذلك فانها كانت تستطيع أن تزدهر تحت الظروف السائدة في المراحل المبكرة من تطور الحياة على الأرض .

٣٢-٥ . البكتيريا ذاتية التغذية الكيميائية
THE CHEMOAUTOTROPHIC BACTERIA

هناك بكتيريا معينة عديمة اللون لها قدرة الكائنات المحتوية على الكلوروفيل من حيث تصنيع المواد الكربوهيدراتية من مواد خام غير عضوية ولكنها لاتستعمل طاقة ضوء الشمس لتفعل ذلك . ولقد أوضحت دراستنا للبناء الضوئي أن ذلك ليس شيئا

فريدا. فتحـويل ثاني أوكسيد الكربون إلى كربوهيدرات يمكن أن يحدث في خلايا الحيوان كما يحدث في خلايا النبات. تفاعلات الظلام المسئولة عن ذلك تحدث أيضا في خلايا البكتـيريا ذاتية التغذية الكيميائية. والسؤال الآن هو: ماهو مصدر الطاقة والاليكترونات التي تدفع تفاعلات الظلام هذه المستهلكة للطاقة؟ كيف تقوم البكتيريا عديمـة اللون ذاتية التغـذية الكيمائية بتصنيع مايكفيها من ATP و .NADPH لانتاج الجلوكـوز من ثاني أوكسيد الكربون؟ إنها تقوم بذلك عن طريق أكسدة مادة مختزلة موجودة في بيئتها. الطاقة الحرة التي تتيحها هذه الاكسدة يتم توجيهها بعد ذلك نحو تصنيع المادة الكربوهيدراتية.

بكتيريا الكبريت sulfer bacteria ذاتية التغـذيـة الكيميائيـة تؤكسـد H_2S في الوسط المحيط بها (مثل الماء الموجود في الينابيع الكبريتية) لانتاج الطاقة:

$$2H_2S + O_2 \rightarrow 2S + 2H_2O;\ \Delta G = -100\ Kcal.$$

وهي تستـطيع بعـد ذلك إستغلال هذه الطاقة في إختزال ثاني أوكسيد الكربون إلى كربوهيدرات بنفس طريقة بكتيريا البناء الضوئي الكبريتية.

$$2H_2S + CO_2 \rightarrow (CH_2O) + H_2O + 2S$$

مجموعة أخرى من البكتيريا ذاتية التغذية الكيميائية هي بكتيريا الحديد iron bacteria (هذه هي المسئولة عن تكوين القشور البنية داخل خزانات الماء في المراحيض). فهي تكمل اكسدة مركبات الحديد المؤكسدة جزئيا وهي قادرة على ربط الطاقة الناتجة من هذه الأكسدة بعملية تخليق الكربوهيدرات.

بكتيريا النترتة nitrifying bacteria هي أيضا ذاتية التغذيـة الكيميائية. فهي تقوم بأكسدة NH_3 (الناتج من البروتينات بفعل بكتيريا التحلل شاذة التغذية) إلى نترات. هذه الأكسدة تمدها بالطاقة اللازمة لدفع التفاعلات التخليقية. والنترات الناتجة كنفاية تسـد حاجـة النبـاتـات منهـا. وسوف ندرس الدور الكامل لبكتيريا النترتة في دورة النتروجين على الأرض مرة أخرى في الباب التاسع والثلاثين.

٣٢-٦. البكتيريا العضوية الموجبة لصبغة جرام GRAM - POSITIVE RODS

العـديد من البكتـيريا العضـوية المـوجبـة لصبغـة جرام لها أهمية خاصة. جنس كلوستـريديوم *Clostridium* يشتمـل على بكتـيريا مكونة للجراثيم ولا هوائية إجبار ياً

(لاتحتمل التعرض للاوكسجين) وبعضها يفرز سموم قوية. جراثيم النوع *Clostridium titani* منتشرة في التربة وغالبا ما تدخل الجسم عن طريق الجروح. فالجروح التي تثقب الجلد (مثل ما تسببة الأشواك أو الأظافر أو الابر الملوثة التي يستخدها مدمنو المخدرات) تكون شديدة الخطورة لأنها توفر الظروف اللاهوائية المطلوبة لانبات ونمو هذه الكائنات. وعندما يحدث ذلك ينتج سم بروتيني ويبدو أنه يوقف عمل التشابكات العصبية في الحبل الشوكي و في المخ وبالتالي يتوقف المنع المتبادل لأزواج العضلات المتضادة (انظر القسم ٣١-٤) وتعاني الضحية من تقلصات عضلية عنيفة. ومن حسن الحظ ان المرض (ويسمى التيتانوس) أصبح الآن نادرا جدا في الدول المتقدمة بفضل التطعيم شبة الكامل ضد هذا السم. التحول الكيميائي للسم ينتج مادة شبيهة بالسم toxoid غير ضارة تظل محتفظة بالمحددات الأنتيجينية للسم. وعندما يوضع شبيه السم في مصل فانه يوفر مناعة طويلة الأمد نسبيا ضد تأثيرات السم.

على الرغم من أن *Clostridium botulinum* لايصيب الانسان إلا أنه لايزال سيىء وذلك بسبب السم الذي ينتجه حينها ينمو ببطء في الأغذية المعلبة بطريقة غير سليمة. كمية من هذا السم تصل في ضآلتها إلى ١ ميكروجرام تؤكل مع حبة فول غير مطهية يمكن أن تؤدي إلى الموت. هذا السم يمنع إفراز ACh من اطراف المحاور الحركية motor axons ولذلك تبدو على الضحية دلائل النشاط العصبي السمبثاوي (تورم انسان العين وامتناع التبول) وضعف العضلات الهيكلية. وحينها تصاب العضلات البينضلعية يتوقف التنفس. هذا السم هو بروتين ويتخثر بسرعة (١٠ دقائق) عند درجة ١٠٠°م. وعلى ذلك فإن غلي الأغذية المعلبة في المنازل يجعلها مأمونة للاكل.

كلمة bacillus لا تشير فقط إلى كل البكتيريا ذات الشكل العصوي لكنها لسوء الحظ تستخدم كذلك كاسم جنس لمجموعة واحدة من البكتيريا العضوية الموجبة لصبغة جرام. البكتيريا *Bacillus anthracis* تسبب مرض الجمرة anthrax وهو مرض يصيب أساساً الحيوانات الاليفة مثل الأبقار والأغنام والماعز وأحيانا قد يصيب الناس الذين يتعاملون مع هذه الحيوانات أو منتجاتها (مثل شعرات الخنزير غير المعقمة المستعملة في فرشاه الحلاقة). قبل إكتشاف المضادات الحيوية كانت نسبة الوفيات من الناس بسبب هذه الاصابة عالية جدا.

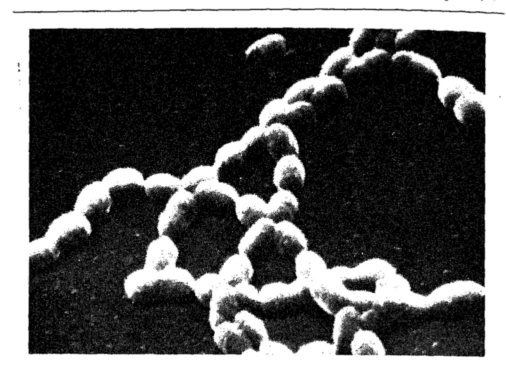
كانت البكتيريا *B. anthracis* هي أول بكتيريا يثبت أنها تسبب مرض (كان ذلك على يد أحد أوائل علماء الأحياء الدقيقة روبرت كوخ Robert Koch) ولقد مهد هذا الاكتشاف الطريق أمام لويس باستير لابتكار مصل مضاد. كما أدى نجاح هذا المصل - وهو الأول منذ جينر - بداية الحقبة الحديثة لعلم المناعة (في عام ١٨٨١).

من السهل إغفال ما للعديد من البكتيريا من منافع بسبب الوقع الشديد لعدد قليل نسبيا من البكتيريا المسببة للأمراض. النوع *Bacillis subtilis* وهو شائع في التربة هو مصدر المضاد الحيوي باستراسين bacitracin والبكتيريا العصوية الموجبة لصبغة جرام من جنس *Lactobacillus* ضرورية لتحويل اللبن الى جبن وزبد (وزبادي).

٣٢-٧. البكتيريا الكروية الموجبة لصبغة جرام
GRAM - POSITIVE COCCI

معظم الكائنات في هذه المجموعة تنمو في مستعمرات مميزة. فالبكتيريا الكروية العنقودية Staphylococci (جنس ستافيلوكوكس *Staphylococcus*) تكون مسطحات من الخلايا. وثمة نوعان شائعان بصفة خاصة. النوع *Staphylococcus albus* ربما كان نامياً الآن على جلدك أما النوع *Staphylococcus aureus* فهو منتشر على الجلد وفي الممرات الانفية والقناة الهضمية. وبصرف النظر عن بعض المضايقات التي يسببها حب الشباب acne أو الدمامل pimples فاننا نعيش في إنسجام نسبي مع هذه الكائنات. ومع ذلك فانها إذا دخلت تحت الجلد بسبب جروح أو حروق وما إلى ذلك قد تكون خُراج خطير. وفي وقت من الاوقات كان يمكن علاجها بسهولة بالمضادات الحيوية ولكن نشأة سلالات مقاومة للمضادت الحيوية - داخل المستشفيات اساساً - يشكل تهديدا خطيرا خاصة للاطفال حديثى الولادة ولمرضى العمليات الجراحية.

تنمو البكتيريا الكروية العنقودية بغزارة في الغذاء وخاصة القشدة و منتجاتها وتفرز فيها سما. إبتلاع الغذاء في هذه الحالة قد يؤدي إلى تقلصات عنيفة في المعدة. أفضل وسيلة لمنع هذه الصورة الشائعة من صور التسمم الغذائي هي تبريد الغذاء والتأكد من أن من يتداولون الغذاء لاتوجد جروح مفتوحة في أيديهم.



الشكل ٣٢-٨ البكتيريا الكروية السبحية كما تبدو تحت المجهر الأليكتروني المسح (مكبرة ١٣ الف مرة). هذا النوع هو Streptococcus mutans وهو شائع في الفم والسبب الرئيسي لتسوس الأسنان. (بتصريح من المعهد البحري لبحوث الأسنان - البحيرات العظمى - الينوى).

البكتيريا الكروية السبحية Streptococci تنمو في سلاسل (الشكل ٣٢-٨) وهي مسئولة عن أمراض شائعة مثل إلتهاب الحلق والحصف impetigo والتهابات الأذن الوسطى. ونادرا ما تؤدى الاصابة بالعصويات السبحية إلى المضاعفات الخطيرة المصاحبة للحمى القرمزية (وهي نتيجة لافراز الكائن لسم) والحمى الروماتيزمية. ومن حسن الحظ ان العلاج السريع بالمضادات الحيوية عادة يمنع حدوث هذه المضاعفات الخطيرة.

البكتيريا الكروية الرئوية pneumococci وهي المسئولة عادة عن الالتهاب الرئوى البكتيري ربما كانت هي الأخرى من أعضاء مجموعة الكرويات السبحية ومع ذلك فهي تميل إلى النمو في أزواج وهو مايدفع بعض الباحثين إلى تصنيفها في جنس يسمى *Diplococcus* عادة يستجيب الالتهاب الرئوي البكتيري للعلاج بالمضادات الحيوية وفيما عدا المسنين وضعاف البنية فانه لم يعد منه خطورة على الحياة.

يحيط بجدار الخلية في الكرويات الرئوية الخبيثة كبسولة من عديد التسكر (انظر

الشكل ٢٤-٦) في الباب الثاني عشر درسنا دور هذه الكبسولة في اكتشاف ان الشفرة الوراثية تقبع في الحمض DNA وفي الباب الرابع والعشرين درسنا الدور الهام الذي تلعبه هذه الكبسولة في احداث المرض (عن طريق منع الالتهام الخلوي) وفي الشفاء من المرض (عن طريق الحث على تكوين المضادات الحيوية الموجهة ضد عديد التسكر).

٣٢-٨. البكتيريا العصوية السالبة لصبغة جرام
GRAM - NEGATIVE RODS

عدد انـواع البكتـيريا العصـوية السالبة لصبغة جرام هائل ولكن اي قائمة بهذه الانواع لابد أن تبدأ بالكائن الذي تمت دراسته اكثر من اي كائن اخر (ربما باستثناء انفسنا) الا وهو بكتيريا القولـون *Escherichia coil* فنادراً ما يسبب هذا المقيم الدائم في احشاء الانسان أي ضرر لعائله. بل انه في الواقع قد يساعدنا على تخليق فيتامين ك وبعض فيتامينات ب التي نتمصها بعد ذلك من محتويات أمعائنا.

بعض ساكني أمعاء الانسان من البكتيريا السالبة لصبغة جرام لا يفيد بنفس القدر. فالبكتيريا سالمونيـللا تيفـي *Salmonella typhi* تسبب مرض التيفود وهو مرض شائع ووبائي حينما تكون النظافة غير كافية. وحينما يشفي الشخص المصاب (وغالبا يشفي) فانه يصبح حامل للكائن اي انه يستمر محتويا عليه - عادة في الحوصلة المرارية. وتمر البكتيريا من هناك مع العصارة المرارية إلى الامعاء حيث تخرج من البراز. ولاسباب واضحة لابد ان يبتعد حاملوا التيفود عن المطابخ وهم في الواقع يمثلون تهديدا لدرجة ان اقسام الصحة العامة يرصدون تحركاتهم ونشاطاتهم عن كثب.

البكتـيريا *Vibrio cholerae* هي العامل المسئول عن الكوليرا الذي هو من أخطر الامراض المعوية. يفرز الكائن سم يسبب إسهال شديد (١٠-١٥ لتر في اليوم) وفقد الأمـلاح. ومـا لم يتم تعـويض هذا المـاء والأملاح بسرعة فقد يموت المريض (من الصدمة) في خلال ساعات قليلة. وكما في الامراض المعوية الاخرى تحدث الاصابة بالكوليرا عن طريق تناول طعام وغالبا ماء شديد التلوث بهذا الكائن.

ربما لايسبب أحد الأحياء الدقيقة دماراً وذعراً في التجمعات البشرية مثل ما سببه

النوع *Yersinia pestis* هذه هي البكتيريا العصوية التي تسبب الطاعون (ويسمى أيضا الموت الاسود). ينتقل الكائن إلى الانسان عادة عن طريق لدغة من برغوث الفأر. وعندما ينتشر في العقد الليمفاوية يسبب لهم ورم ضخم ومن هنا سمى بالطاعون الدبلى "bubonic plague" (الدبل bubo = ورم في عقدة ليمفاوية). وبمجرد دخولة إلى الرئتين فان الكائن ينتشر مباشرة من شخص إلى شخص مسببا الطاعون الرئوى "pneumonic" وهو سريع القتل (٢-٣ أيام). لقد وصف البير كامو Albert Camus هاتين الصورتين للمرض بكل صدق في روايتة الطاعون (The Plague (La Peste.

إذا ترك الطاعون الدبلي بدون علاج فان ٥٠-٧٥٪ من الحالات تنتهي بالوفاة بينما تكون نسبة الوفيات في حالة الطاعون الرئوى الذي يترك بدون علاج ١٠٠٪ تقريبا. لاعجب إذن أن موجات الطاعون المتكررة التي بدات في اوروبا في القرن الرابع عشر قد ادت إلى كل هذا الدمار. ففي ثلاث سنوات فقط (١٣٤٨ - ١٣٥٠) مات ما لايقل عن ربع تعداد أوروبا بسبب هذا المرض. وفي بعض المدن كا نت نسبة الوفيات أعلى من ذلك. فقد قدر ان الموت العظيم في تلك الفترة قد إختزل عدد سكان مدينة سينا Siena من ٤٢ الف إلى ١٥ الف . وفي فلورنسا كان الوباء والرعب الذي نجم عنه هما الجو الذي كتب عنه بوكاتشيو Boccaccio روايته ديكاميرون Decameron.

لم تحدث أوبئة ضخمة من الطاعون في القرن الحالي وان كانت هناك بعض اصابات طفيفة به في آسيا. ومع ذلك فان الخطورة لم تذهب بالكامل. فالبكتيريا مازالت منتشرة في بعض تجمعات القوارض (مثل السنجاب الارضى وكلاب البرارى) في غرب الولايات المتحدة الامريكية. وكل عام تحدث بضع حالات اصابة بالطاعون في الانسان وخاصة بين صيادى الحيوانات الصغيرة. ومن حسن الحظ ان العلاج السريع بالمضادات الحيوية عادة يأتي بشفاء عاجل. والسؤال مازال قائما عما إذا كانت هذه المستودعات من *Y. pestis* في عشائر القوارض يمكن ان تكون مصدر لوباء هائل في البشر.

٣٢-٩. البكتيريا الكروية السالبة لصبغة جرام

GRAM - NEGATIVE COCCI

ثمة نوعان من هذه المجموعة لهما أهمية خاصة بالنسبة لنا وهما *-Neisseria menin*

Neisseria gonorrhoeae و *gitidis* الأول يسبب الالتهاب السحائي meningococcal meningitis وهو التهاب خطير جدا ينتشر في الاطفال الصغار والمعسكرات الحربية. أما النوع الثاني فانه يسبب أحد أوسع أمراض الانسان إنتشارا وهو السيلان gonorrhea (تظهر مليون حالة منه في الولايات المتحدة كل عام) ينتشر الكائن مباشرة من شخص إلى شخص عن طريق الاتصال الجنسي. في الذكور يغزو قنوات البول urethra فيسبب نزول صديد وغالبا يستقر في غـدة البروستات prostate والبربخ epidimis أما في الاناث فانه ينتشر من المهبل إلى عنق الرحم وقنوات فالوب. فاذا تركت الاصابة بدون علاج فان الضرر الذي يلحق بقنوات فالوب قد يعوق مرور البويضات ومن ثم يسبب العقم.

ولسنوات عديدة كان البنسلين هو الدواء السريع (وان كان في الغالب مؤقت) لعلاج هذا المـرض. ومع ذلك ففي عام ١٩٧٦ ظهرت في الولايات المتحدة سلالة مقاومة للبنسلين (قادمة من الفيلبين) ومنذ ذلك الحين ظهرت سلالات مقاومة أخرى في معظم أنحاء العالم. ومن العجيب ان سنوات من التعرض للبنسلين لم تؤدى إلى ظهور هذه المقاومة قبل ذلك.

٣٢-١٠. البكتيريا الحلزونيـة SPIRILLA

الجدار الخلوي الصلب للبكتيريا الحلزونية هو الذي يعطيها هذا الشكل (الشكل ٣٢-١). وهي سالبـة لصبغة جرام ومتحـركة motile ومعظمها موجود في الماء سواء العذب أو المالح. ومع ذلك فأحد الأنواع يتردد كثيرا على فم الانسان وربما استطعت العثور عليه باستخدام شوكة تخليل الاسنان وشريحة وصبغة ومجهر.

٣٢-١١. البكتيريا الشعاعية وأقاربها
ACTINOMYCETES AND THEIR RELATIVES

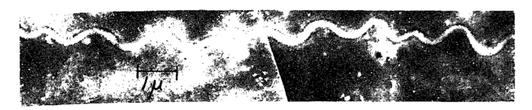
معـظم أفراد هذه المجموعة ينمو على هيئة خيوط رفيعة ـ كفطر ـ بدلا من خلايا مفردة. ولهذا السبب كان يعتقد لفترة طويلة أنها فطريات. وعلى الرغم من التشابه في أنماط النمو الا أنه من المؤكد أنها ليست فطريات. فالفطريات حقيقية النواة والبكتيريا الشعاعية من بدائيات النواة. بكل ما يترتب على هذا الاختلاف الاساسي من ناحية تركيب الخلية والكيمياء الحيوية (انظر القسم ٣٢-١).

وعلى الرغم من وجود بكتيريا شعاعية مسببة للامراض إلا أن المجموعة تكتسب أهمية أكبر من نواحي أخرى. فالبكتيريا الشعاعية هي السائدة في عشائر الاحياء الدقيقة بالتربة حيث تلعب دور رئيسي في تحلل النفايات العضوية. والكثير من هذه الكائنات التي تعيش في التربة هم أيضا مصادر هامة للمضادات الحيوية. الستربتومايسين والاريثروسين والكلور امفينيكول (يباع تحت إسم كلورومايسيتين) وأنواع التتراسايكلين (تباع تحت إسم أوريومايسين وتيرامايسين) كلها من منتجات البكتيريا الشعاعية. وكذلك الحال مع اكتينومايسين د الذي على الرغم من كونة شديد السمية بالنسبة للانسان الا ان قدرته على منع تضاعف ونسخ الحمض DNA قد أمدت علماء الأحياء بأداة بحثية فائقة القوة (انظر على سبيل المثال القسم ١٥-٢ والقسم ٢٦-٦).

البكتيريا الفطرية mycobacteria والكورينبكتيريا corynebacteria من ذوات الصلة الوثيقة بالبكتيريا الشعاعية. ثمة نوعان من البكتيريا الفطرية يسببان أمراضا خطيرة ومزمنة للانسان: السل tuberculosis والجذام leprosy. أما النوع *Corynebacterium diptheriae* فهو الذي يسبب الديفتيريا (أو الخناق) وكما في حالة التيتانوس لاتكمن الخطورة في مجرد غزو البكتيريا للانسجة (في الحلق) ولكن من السم القاتل الذي تنتجه. وسم الديفتيريا يمارس تأثيره السام بطريقة في غاية التخصص. فهو يحفز تثبيط العامل اللازم لاضافة الأحماض الأمينية إلى سلسلة عديد الببتيد التي يتم تخليقها على الريبوسموم. وليس لهذا السم نفس التاثير على الريبوسومات في بدائيات النواة (أو تلك الموجودة في البلاستيدات الخضراء والميتوكوندريا).

سم الديفتيريا عبارة عن بروتين ولكن أ.م بابنهايمر الإبن ومعاونوه تمكنوا من إثبات أن الجين الذي يحمل شفرته ليس من الجينات التركيبية للبكتيريا نفسها وانما بدلا من ذلك هو فيروس بكتيري يستطيع أن يغزو الخلية ويصبح جزءا من طرازها الوراثي.

يمكن جمع سم الديفتيريا من مزارع للكائن ومعالجته بالفورمالدهيد تحوله إلى شبيه السم toxoid غير الضار. التطعيم بشبيه السم الخاص بالديفتيريا (عادة مع شبيه السم الخاص بالتيتانوس وتحضير ضعيف من ميكروب السعال الديكى في مصل ثلاثي) قد أدى إلى تخفيض كبير في معدل حدوث المرض على الرغم من الحالات المتناثرة التي مازالت تظهر في الولايات المتحدة.



الشكل ٣٢-٩. السبيروكيت الذي يسبب الزهري. (بتصريح من هاري اي. مورتون).

٣٢-١٢. السبيروكيتات SPIROCHETES

السبيروكيتات عبارة عن بكتيريا طويلة رفيعة حلزونية الشكل يتراوح طولها من ميكرونات قليلة إلى ٥٠٠ ميكرون (الشكل ٣٢-٩). جدارها الخلوي ليس له نفس صلابة الجدار في البكتيريا الحلزونية ولذلك يسهل عليها الانحناء. على الرغم من ان بعض السبيروكتيات تعيش في المياه العذبة وفي التربة وفي أجسام الحيوانات دون أن تسبب أي ضرر إلا أن بعضها يكون طفيل خطير وربما كان من أشهر هؤلاء الطفيليات البكتيريا المسببة لمرض الزهرى syphilis وهو مرض ينتقل بالاتصال الجنسي عند البشر.

٣٢-١٣. الميكوبلازمات MYCOPLASMS

الميكوبلازمات هي بكتيريا ضئيلة غير متحركة وبدون جدر خلوية. البعض منها يعيش طليقا ولكن البعض الآخر يتطفل على النباتات والحشرات والحيوانات الآخرى. وأول ما اكتشف منها يسبب نوع من الالتهاب الرئوي يسمى ذات الجنب في الماشية pleuropneumonia. نوع آخر من هذه المجموعة يسبب للانسان مرض يسمى الالتهاب الرئوى الاولى غير النموذجي primary atypical pneumonia.

تتميز الميكوبلازمات بأنها تضم أصغر الكائنات التي تعيش طليقة. وعلى الرغم من ان بعضها ضئيل جداً (ار. ميكرون) بحيث لايمكن رؤيتها إلا بمجهر اليكتروني إلا أنها تحتوي على كل ما تحتاج اليه للقيام بكل نشاطات الحياة.

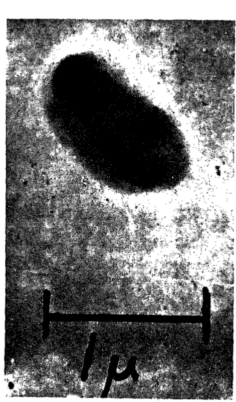
٣٢-١٤. الريكتسيات والكلاميديات RICKETTSIAS AND CHLAMYDIAE

الريكتسيات مثل الميكوبلازمات تكون صغيرة (الشكل ٣٢-١٠) لدرجة أنه يصعب تمييزها بالمجهر الضوئي وهي تختلف عن الميكوبلازمات في أنها جميعا تقريبا تعيش

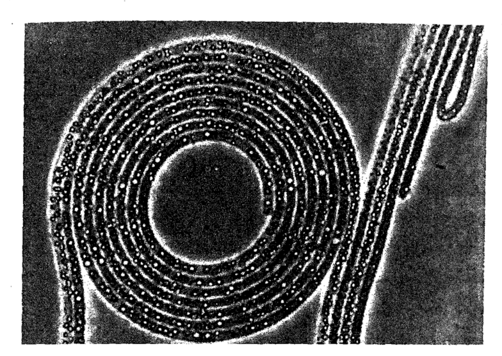
كطفيليات إجبارية داخل الخلايا. وهذا يعني أنهم يستطيعون النمو والتكاثر فقط طالما كانوا داخل الخلايا الحية للعائل - بعض المفصليات (القراد)، الحلم، القمل، البراغيث) والثدييات. بينما تحتوي خلايا الريكتسيا على كل الاليات الأيضية اللازمة للحياة فانها ربما تعتمد على خلايا عائلها في الحصول على إحتياجاتها من المرافقات الانزيمية مثل ATP.

حمى التيفوس typhus تسببها ريكتسيا تنتقل من انسان لاخر بواسطة القمل الذي يمتص الدماء. وحمى جبال روكى ذات البقع fever spotted rocky mountain تسببها ريكتسيا تنتقل خلال لدغة القراد المصاب وعلى الرغم من إسمه إلا أن هذا المرض موجود في كل أنحاء الولايات المتحدة إلا أن شدة الاصابة تختلف من منطقة إلى أخرى (تتراوح نسبة الوفيات بين الحالات التي تلقى علاج بين ٥٪ في بعض المناطق و ٩٠٪ في منطقة وادي بيترروت في ولاية مونتانا). ومن حسن الحظ ان العلاج بالمضادات الحيوية فعال جدا ضد هذه الكائنات.

الكلاميديات تشبه الريكتسيات في عدد من النواحي. فهي أيضا طفيليات ضئيلة إجبارية تعيش داخل الخلايا. وأفضل أمثلتها المعروفة في أمريكا الشمالية هو ذلك العامل الذي يسبب حمى الببغاء psittacosis أو "parrot fever" وفي الحقيقة أن الكثير من أنواع الطيور (بالاضافة أحيانا إلى الانسان) يعمل كعائل لهذا الكائن ولذلك يفضل الآن تسمية المرض بحمى الطيور ornithosis.



الشكل ٣٢-١٠. الريكتسيا التي تسبب حمى التيفوس. (بتصريح من توماس ف. اندرسون).



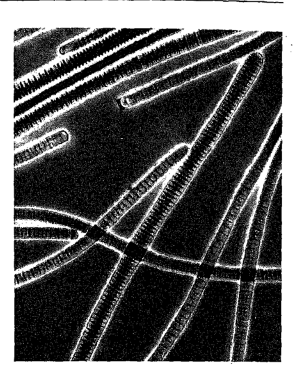
الشكل ٣٢-١١ . بيجياتوا Beggiatoa احدى البكتيريا الزاحفة . هذا الكائن ذاتي التغذية الكيميائية يحصل على الطاقة من اكسدة H_2S الى كبريت حر (يرى كحبيبات داخل الخلايا) . بتصريح من جون م. لاركيب بجامعة ولاية لويزيانا.

من الكلاميديات ذات الاثر الاجتماعي والاقتصادي الهام ما يسبب التراكوما trachoma وهي عدوى تصيب العين وفي الاغلب تؤدي إلى العمى الدائم. إنها مشكلة خطيرة على الصحة العامة وتنتشر بصفة خاصة في المناطق الصحراوية من آسيا وأفريقيا والشرق الادنى. وقد قدر أن نحو ٤٠٠ مليون شخص يعانون من التراكوما وأن ٦ مليون قد أصيبوا بالعمى من جرائها.

٣٢-١٥ . البكتيريا الزاحفة THE GLIDING BACTERIA

هذه البكتيريا أخذت إسمها من طريقتها في الحركة: الزحف فوق الوسط الذي تعيش عليه. الالية التي تفعل بها ذلك مازالت غير معروفة. الكثير من أنواع البكتيريا الزاحفة وحيد الخلية بينما يكون البعض الاخر على هيئة خيوط طويلة من الخلايا. تشترك خلايا الخيط في جدار مشترك.

معظم أنواع البكتيريا الزاحفة يكون شاذ التغذية ولكن القليل منها (الشكل



الشكل ٣٢-١٢. أوسيللاتوريا *Oscillatoria* طحلب خيطي اخضر مزرق (١٠٠٠ مرة). كل قرص في السلسلة عبارة عن خلية.

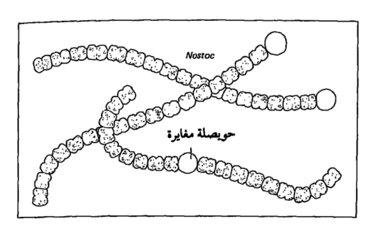
٣٢-١١) يكون ذاتي التغذية الكيميائية. وهذه الأخيرة تؤكسد H_2S للحصول على الطاقة تماما كما تفعل بكتيريا الكبريت ذاتية التغذية الكيميائية التي وصفناها في القسم ٣٢-٥.

البكتيريا الزاحفة الخيطية ذات أهمية خاصة بالنسبة لنا لأنها تشبه المجموعة الرئيسية الأخرى من بدائيات النواة: الطحالب الخضراء المزرقة. التشابهات كثيرة لدرجة أن البكتيريا الزاحفة الخيطية يمكن أن تعتبر طحالب خضراء مزرقة فقدت القدرة على البناء الضوئي.

٣٢-١٦. الطحالب الخضراء المزرقة (شعبة الطحالب الزرقاء)

THE BLUE GREEN ALGAE (PHYLUM CYANOPHYTA)

سميت هذه الكائنات لمدة طويلة طحالب لانها تشبه الطحالب (التي سيأتي وصفها في الباب اللاحق) من حيث بيئتها وطريقتها في البناء الضوئي. ومع ذلك فان هذه الكائنات الخضراء المزرقة بدائية النواة ولذلك فهي أقرب بكثير إلى البكتيريا منها إلى الطحالب الأخرى حقيقية النواة. لهذا السبب يفضل الكثير من العلماء تسميتها البكتيريا الزرقاء cyanobacteria (او البكتيريا الخضراء المزرقة blue green bacteria).



الشكل ٣٢-١٣. النوستوك Nostoc. طحلب اخضر مزرق شائع. الحويصلات المغايرة عديمة اللون يتم فيها تثبيت النتروجين الجوى. اذا قامت الحويصلات المغايرة بالبناء الضوئي مثل الخلايا الأخرى فان انطلاق الأوكسجين سوف يسمم انزيم النيتروجينيز المسئول عن تثبيت النيتروجين.

على الرغم من أن الكائنات الخضراء المزرقة بدائية النواة وتقوم بالبناء الضوئي إلا أنها تختلف عن البكتيريا التي تقوم بالبناء الضوئي من عدة نواحي هامة. فالكلوروفيل الموجود فيها هو كلوروفيل أ وهو نفس الكلوروفيل الموجود في النباتات (و الطحالب الأخرى) أضف إلى ذلك أنها تستطيع أن تستخدم الماء كمصدر للاليكترونات التي تختزل بها ثاني اكسيد الكربون إلى مواد كربوهيدراتية.

$$CO_2 + 2H_2O \rightarrow (CH_2O) + H_2O + O_2$$

وذلك لان بها النظام الضوئي ٢ بالاضافة إلى النظام الضوئي ١.

ومثلما في البكتيريا الزاحفة فان الطحالب الخضراء المزرقة تكون مغلفة بجدار من الببتيد و جلايكان يحيط به غمد صمغى. بعض الانواع وحيد الخلية، والبعض ينمو على هيئة خيوط من الخلايا المتصلة (الشكل ٣٢-١٢) هؤلاء الذين لهم القدرة على الحركة يفعلون ذلك بالزحف. وقد تم التعرف على مايقرب من ٢٠٠٠ نوع.

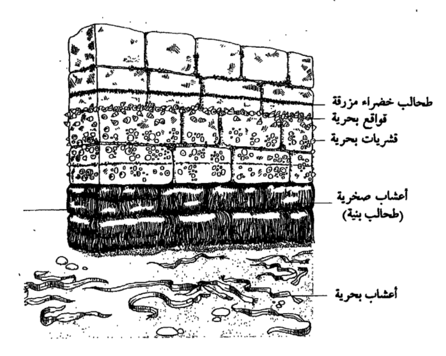
عدد من الطحالب الخضراء المزرقة الخيطية يستطيع تثبيت النتروجين الجوى ويتم ذلك في حويصلات مغايرة heterocysts ـ وهي خلايا عديمة اللون موزعة بين الخلايا التي تقوم بالبناء الضوئى على طول السلسلة (الشكل ٣٢-١٣). إنها هي الأنواع التي تزدهر عندما تصبح الفوسفات (ولكن ليس النترات) متاحة في البرك وفي المياه العذبة. الطحالب الخضراء المزرقة المثبتة للنتروجين هامة أيضا في المحافظة على خصوبة حقول الأرز.



الشكل ٣٢ـ١٤. ينبوع حار في منتزة يلوستون الوطني. عند حافة الماء تُسبح مجموعة هلامية من الطحالب الخضراء المزرقة. درجة حرارة الماء في اليوم الذي اخذت فيه هذه الصورة كانت ٧٢°م وهي تكفي لطهي بيضة (المساحات الباهتة في اليمين سببها البخار المتصاعد من الماء).

الطحالب الخضراء المزرقة لديها قوة تحمل فائقة. فبعض الانواع تنمو بغزارة في الينابيع الحارة لمنتزة يلوستون الوطني عند درجات حرارة تكفي لطهي البيض (الشكل **٣٢ـ١٤**) والشريط الأسود الموجود عند علامة المد العالي على الصخور على طول شاطيء البحر يتكون من الطحالب الخضراء المزرقة (الشكل **٣٢ـ١٥**) حيث أن كل ما تحتاجه لكي تظل حية هو الضوء والهواء (من أجل النتروجين وثاني اكسيد الكربون) والماء والقليل من الايونات غير العضوية (مثل الفوسفات) فان قدرتهم على الحياة في مثل هذه الظروف القاسية تصبح مفهومة. وحتى عندما تحرم من الماء (عند وقت الجزر مثلا) فان الغمد الجيلاتيني يحفظها من الجفاف.

بالاضافة إلى الكلوروفيل وبيتا ـ كاروتين تحتوي الطحالب الخضراء المزرقة على واحد أو إثنين من الأصباغ الاضافية: صبغة زرقاء تسمى فايكوسيانين phycocyanin وصبغة حمراء تسمى فايكوارثيرين phycoerythrin الخليط البسيط من الكلوروفيل والفايكوسيانين الموجود في بعض الأنواع يكسبها اللون الأخضر المزرق الذي يعطى للمجموعة كلها إسمها العام. ولكن الأنواع التي تحتوي على الفايكو اريثرين تبدو حمراء أو قرمزية أو بنية أو حتى سوداء. يكتسب البحر الأحمر إسمه من



الشكل ٣٢-١٥ . يكشف المد المنخفض عن توزيع الطحاب عديمة الأعناق في مناطق على احد مصدات الأمواج. كل منطقة لها أيضا حيوانات التي تميزها. الكائنات المهياة للصمود في وجه الضربات العنيفة للأمواج والعرض الدورى للهواء هي فقط التي تستطيع ان تعيش هذا. على الرغم من الظروف القاسية فان مثل هذا المكان يعج بالحياة.

الإزدهـار الدوري لأحد الطحالبِ الخضراء المزرقة ذوى اللون الأحمر الذي يوجد في مياهه.

في المياه الضحلة الدافئة للمحيط تنمو كتل من الطحالب الخضراء المزرقة والبكتيريا في مستعمرات كبيرة. وتتراكم حول هذه المستعمرات ترسيبات معدنية فتخلق أكوام وأعمـدة ذات طبقـات تسمى ستروماتـولايتـات. stromatolites تم العثـور على ستروماتولايتات قديمة في التشكيلات الجيولوجية في الكثير من أنحاء العالم وهي تتراوح في العمـر من عدة ملايين إلى ٣,٥ بليون سنة. وقد وجدت حفريات مجهرية تشبه الطحالب الخضراء المزرقة في ستروماتولايتات يبلغ عمرها ٣,٢×١٠^٩ سنة. بعض هذه الحفـريات المجهرية جيدة الحفظ لدرجة أنها تنم عما يشبه الحويصلات المغايرة. إذا كانت أقدم الستروماتولايتات قد تكونت بنفس الطريقة، ولا يوجد مايدعو إلى الاعتقاد بغير ذلك، فاننا لابد أن نستنتج ان الطحالب الخضراء المزرقة موجودة على الارض منذ ٣,٥ بليون سنة.

إذا كانت الطحالب الخضراء المزرقة قد ظهرت منذ ٣,٥ بليون سنة فإن بنائها الضوئي المبنى على الماء لابد أنه أطلق أوكسجين جزيئى (O_2) في الغلاف الجوى. مع تراكم الاوكسجين في الغلاف الجوى يصبح الطريق مفتوحا أمام الكائنات شاذة التغذية للحصول على إحتياجاتها من الطاقة بالتنفس الخلوي بدلا من طريقة التخمر ذات الكفاءة المنخفضة. ومع وجود مصدر لاينضب من الجزيئات العضوية (التي تنتجها الكائنات ذاتية التغذية) وطريقة عالية الكفاءة لاستخلاص الطاقة فان كل إمكانيات الحياة يمكن أن تتحقق.

٣٢-١٧ . الطحالب الخضراء الاولية THE PROCHLOROPHYTA

في عام ١٩٧٦ وجد الباحثون بمعهد سكريبس لعلوم البحار في كاليفورنيا أن بعض الطحالب وحيدة الخلية التي كان يظن أنها تنتمى إلى الطحالب الزرقاء ليست في الواقع من الطحالب الخضراء المزرقة بالمرة. هذه الكائنات بالتأكيد بدائية النواة: فهي لاتحتوي على نواة أو بلاستيدات خضراء أو ميتوكوندريا والريبوسومات فيها تشبه تلك الموجودة في بدائيات النواة وليست كما في حقيقيات النواة. ولكنها تختلف كثيراً عن الطحالب الخضراء المزرقة من حيث عدم إحتوائها على فايكوسيانين أو فايكو إريثرين ومن حيث إحتوائها على كلوروفيل ب مع كلوروفيل أ. هذه هي مجموعة الأصباغ الموجودة في البلاستيدات الخضراء في العديد من الطحالب حقيقية النواة وكذلك كل النباتات الخضراء. في الباب التالي سوف ندرس النظرية التي مؤادها أن البلاستيدات الخضراء قد تطورت من بدائيات نواة وحيدة الخلية غزت خلايا العائل ووجدت لنفسها مكانا دائما بداخلها. لسنوات طويلة كانت الطحالب الخضراء المزرقة تعطى هذا الدور ولكن هذه الكائنات المكتشفة حديثا، والتي أنشئت من أجلها شعبة جديدة هي شعبة الطحالب الخضراء الاولية - قد تكون مؤهلة اكثر لهذا الدور بسبب التشابه الأكبر بين أصباغها وأصباغ البلاستيدات الخضراء عما بين الأخيرة وأصباغ الطحالب الخضراء المزرقة.

البكتيريا القديمة THE ARCAEBACTERIA

كشفت البحوث الحديثة عن عدة مجموعات من البكتيريا تختلف تماما عن كل

البكتيريا الاخرى التي درسناها في هذا الباب. ولان بعض هذه البكتيريا له صفات تمكنه من أن يكون من أوائل صور الحياة على الأرض فقد سميت البكتيريا القديمة.

تبدو البكتيريا القديمة مثل بقية البكتيريا. فهي بدائية النواة أي ليس بها نواة حقيقية. ولها أيضا جدار خلوي ولكنه لايتركب من الببتيدوجلايكان مثلما في بقية أنواع البكتيريا. أضف إلى ذلك أن طريقة تخليق البروتين فيها تختلف من عدة نواحي عن طريقة تخليق البروتين في البكتيريا الاخرى. فمثلا الحامض RNA وجزئيات البروتين التي تتكون منها الريبوسومات مختلفة تماما. في الحقيقة ان طريقة تخليق البروتين فيها تشبه مثليتها في حقيقيات النواة من حيث أنها تتسمم بسم الديفتيريا (أنظر القسم ٣٢-١١).

أكثر البكتيريا القديمة إنتشارا هي مجموعة تسمى مولدات المثيان methanogens مولدات الميثان ذاتية التغذية الكيميائية وتغطى كل إحتياجاتها الأيضية بانتاج الميثان من ثاني أوكسيد الكربون والهيدروجين.

$$4H_2 + CO_2 \rightarrow CH_4 + 2H_2O$$

مولدات الميثان لاهوائية بالكامل وكان بامكانها أن تزدهر تحت الظروف التي يعتقد أنها كانت سائدة في الجو المبكر للأرض. واليوم تعيش في طين المستنقعات (الاسم الشائع للميثان هو غاز المستنقعات marsh gas) كما أن مولدات الميثان تستعمر معدة الأبقار حيث تعيش على الهيدروجين وثاني أوكسيد الكربون الذي تنتجه أحياء دقيقة أخرى تعيش فيها.

أنواع أخرى من البكتيريا القديمة تعيش في بيئات شديدة الملوحة مثل البحر الميت والبحيرات الملحية العظمى كما توجد البكتيريا القديمة كذلك في المياة الحمضية لبعض الينابيع الكبريتية الحارة.

كل البكتيريا القديمة تصعب زراعتها في المعمل ومن ثم تكون دراستها صعبة ومع ذلك فان الحقائق التي مازالت تتكشف عن هذه الكائنات تبين أنها مختلفة جذريا عن كل الكائنات الحية الأخرى لدرجة أنها تمثل قسم رئيسي ثالث من أقسام الحياة إلى جانب البكتيريا الحقيقية وحقيقيات النواة.

٣٢-١٩ . الفيروسات THE VIRUSES

الفيروسات ليست من بدائيات النواة وتكاد لاتوجد بها أي من خصائص بدائيات النواة - جدار الببتيوجلايكان، الريبوسومات . . . . الخ . ليس فيها آليات إنزيمية لتخليق ATP أو للقيام بأي نشاطات أيضية أخرى . كما أنها لاتستطيع إكثار أنفسها . وفي الواقع فانه يمكن للمرء أن يقول إن الفيروسات تفشل في توفير الكثير من مقاييس الحياة (أنظر الباب الاول) بحيث أنه لايمكن إعتبارها من بين الكائنات الحية أصلا .

إذن لماذا ندرس الفيروسات هنا؟ ولماذا ندرسها أصلا؟ لنبدأ بالإجابة على السؤال الثاني فنقول أنه لايمكن إنكار أن لها صلة بالكائنات الحية . فاذا كنت قد عانيت من الأنفلونـزا أو الحصبة أو كنت تعرف أحد ضحايا شلل الأطفال فانك لابد أن تهتم بمعرفة شيء من العوامل المسببة لهذه الأمراض وهي الفيروسات . أما بالنسبة للسؤال الاول فان الاجابة في أغلبها تاريخية . فمعظم العلماء الذين يدرسون البكتيريا يدرسون الفـيروسـات أيضا . ومعظم الطرق المستخدمة في دراسة البكتيريا تستخدم أيضا في دراسـة الفـيروسـات وخـاصة تلك الفيروسات - الفيروسات البكتيرية - التي تصيب البكتيريا .

إذا لم تكن الفـيروسات كائنات حية فماذا عساها أن تكون؟ دعنا ندرس صفاتها ولعلنـا نصل إلى مفهوم محدد عن طبيعتها . للفيروسات مرحلتان في حياتها : مرحلة داخل خلايا حية ومرحلة خارجها . فخارج خلايا العائل تتكون الفيروسات من دقائق متكاملة محددة وبصفة عامة فهي ضئيلة جدا، البعض منها قطره ٩ نانومتر فقط اي نصف حجم الريبوسوم . ومع ذلك فهناك قليل من الفيروسات الكبيرة نسبيا . فمثلا فيروس جدرى البقر Vaccinia يبلغ قطرة ٢٣٠ نانومتر (٢٣ , ٠ ميكرون) مما يجعلة اكبر من بعض البكتيريا .

كان الحجم الضئيل للفيروسات هو الذي قاد إلى إكتشافها . في عام ١٨٩٢ حضر العالم الروسى ايفانوفسكي مستخلص أوراق الدخان التي كانت مصابة بمرض تبقع الدخان tobacco mosaic ثم قام بترشيح المستخلص في مصفاة دقيقة جدا لدرجة أن أي بكتيريا موجودة فيه سوف لاتمر . ولدهشته وجد أن الراشح الخالي من البكتيريا ظل يسبب العدوى وناقلا للمرض إذا ما لامس أوراق الدخان السليمة . هكذا تم إكتشاف

فيروس التبقع في الدخان tobacco mosaic virus (TMV).

في السنوات التي تلت ذلك تم إكتشاف فيروسات قابلة للترشيح ومسئولة عن إصابات في نباتات أخرى وفي الحيوانات وفي البكتيريا (الفيروسات البكتيرية) وفي عام ١٩٣٥ كهرب وندل ستانلي Wendell Stanley العالم العلمي عندما قام بتحضير بللورات من TMV موضحا أن البللورات تظل محتفظة بقدرتها على الاصابة مهما طال حفظها في زجاجة على الرف. لم يكن هذا هو الشيء التي يتوقع المرء أن يفعله بكائن حي.

تتكون دقائق الفيروس (تسمى فيريونات Virions) من:

١ ـ قلب داخلي من حمض نووي. بعض الفيروسات بها الحمض DNA. والبعض الاخر به الحمض RNA لايوجد فيروس يحتوي على الحمضين معا. في معظم الحالات يكون الحمض النووي على هيئة جزىء واحد.

٢ ـ غلاف من البروتين يحيط بـه ويسمى العلبة capsid. العلبة تحمى الحمض النووى الموجودة في الداخل وتحدد أي نوع من الخلايا تتصل بها الدقيقة الفيروسية وتساعد بطريقة أو باخرى في غرس الفيريون (أو على الاقل قلبة) في داخل خلية العائل. لبعض الفيروسات مكونات أخرى، مثل الليبيدات في العلبة، وبعض هذه المواد قد تكون مستمدة من مركبات خلية العائل.

فيروسات الحمض The DNA viruses : DNA. معظم الفيروسات لها قلب من الحمض DNA وهذا الحمض يكون على صورة الحلزون المزدوج على طريقة واتسون ـ كريك. بعض فيروسات الحمض DNA الهامة هي فيروس الجدرى smallpox (وجدرى البقر) وفيروس الهربس herpes simplex virus (HSV) وهو الذي يسبب القروح البـاردة "Cold Sores" وفيروس SV40 الذي يصيب خلايا الرئيسات primates ويسبب أورام في خلايا القوارض، وعدد من الفيروسات البكتيرية.

سبق أن درسنا العناصر الاساسية لدورة العدوى لفيروسات الحمض DNA البكتيرية في الباب الثاني عشر (انظر الشكل ١٢-٤) وهذه العملية تتكون من خمس مراحل:

١ ــ تتصل الفيريونات بسطح خلية العائل. لقد كان هذا الانفصال للقلب عن العلبة هو الاساس في تجربة هيرشي وشيس Hershey and Chase وكانت نتيجتها أن الحمض DNA وليس البروتين هو المادة الوراثية (انظر القسم ١٢-١).

٢ ــ بمجرد الدخول إلى الخلية فان بعض جينات الفيروس البكتيري (الجينات المبكرة The early genes) يتم نسخها (بواسطة الانزيم RNA بوليمريز الخاص بالعائل) وترجمتها (بواسطة الريبوسومات والحمض TRNA الخ الخاصة بالعائل) لانتاج إنزيات تبنى نسخ عديدة من الحمض DNA الخاص بالفيروس وتوقف تكوين (أو حتى تحطم) الحمض DNA الخاص بالعائل.

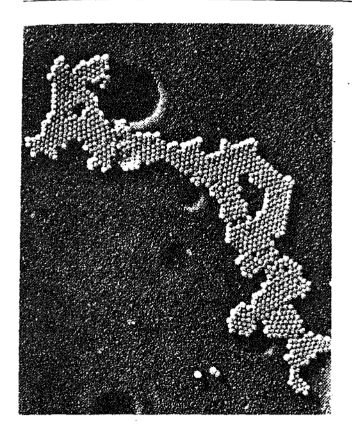
٣ ــ مع تراكم الحمض DNA الخاص بالفيروس يتم نسخ وترجمة الجينات الاخرى (الجينات المتأخرة The late genes) لتكوين بروتينات العلبة.

٤ ــ تتجمع قلوب الحمض DNA وبروتينات العلبة المتراكمة في فيريونات كاملة.

٥ ــ يتم نسخ وترجمة جين متأخر آخر إلى جزيئات ليزوزيم. يهاجم الليزوزيم جدار الببتيدوجلايكان (من الداخل طبعا) وفي النهاية تنفجر الخلية وتنطلق محتوياتها من الفيريونات. الآن إكتملت الدورة واصبحت جاهزة للتكرار.

فيروسات الحمض RNA : The RNA viruses ، في معظم الفيروسات المحتوية على الحمض RNA يكون الحمض في صورة خيوط مفردة. بعض فيروسات الحمض RNA الهامة هي تلك التي تسبب شلل الاطفال (الشكل ٣٢-١٦) الحمى الصفراء، داء الكلب rabies التهاب الدماغ في الحصان equine encephalitis الانفلونزا، التهاب الغدة النكفية mumps والحصبة measles. فيروس TMV هو من فيروسات الحمض RNA وكذلك الفيروس البكتيري المسمى MS_2 الذي درسناه بتفصيل في الباب الثالث عشر (انظر القسم ١٣-٦).

تشبه دورة العدوى في فيروسات الحمض RNA مثل MS_2 دورة العدوى في فيروسات الحمض DNA من نواحي عديدة. بعد ان يدخل خيط الحمض RNA إلى العائل (بكتيريا القولون في حالة الفيروس MS_2) فانه يعمل كحمض m-RNA وتتم ترجمة جزء منه إلى الانزيم RNA - بوليمريز الذي يستمر في تصنيع نسخ إضافية من الخيط الاصلي. ولكى يقوم بذلك فانه يتطلب أن يعمل الخيط الأصلي أولا كقالب

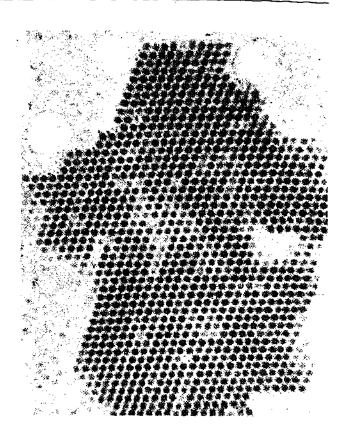


الشكل ٣٢-١٦ . صورة بالمجهر الأليكتروني لفيروس شلل الأطفال. (٦٠٠٠٠ مرة، بتصريح من ا. ر. تايلور).

لتخليق صورة المرآة المكملة له المسماة الوسيط التضاعفي "replicative intermediate" من هذه يتم تخليق خيوط RNA المطابقة للأصل . ومع تراكم جزيئات الحمض RNA حديثة التصنيع تتم ترجمة تلك الأجزاء التي تحمل الشفرة الخاصة ببروتين (أو بروتينات) العلبة. ويلي ذلك تجميع الفيريونات الكاملة (الشكل ٣٢-١٧) وتحررها من الخلية.

الفيروسات المختفية : Disappearing viruses ، تنتهي دورات العدوى التي وصفناها في السطور السابقة بموت خلية العائل. في معظم الحالات تتحلل الخلايا الحيوانية وتنطلق محتوياتها من الفيريونات حديثة التكوين. أما الخلايا البكتيرية فانها تنفجر بالمعنى الحرفي للكلمة وهي عملية تسمى التحلل lysis وبسبب هذا المصير فان دورات العدوى تسمى دورات التحلل lytic cycles.

ومع ذلك أحيانا لاتكتمل أحداث دورة التحلل التي تحدث داخل الخلية بعد أن تصاب الخلية البكتيرية بالفيروسات البكتيرية التي تحتوي على الحمض DNA وسرعان ما تستأنف البكتيريا معيشتها العادية بما في ذلك اكثار نفسها أين ذهب الفيروس؟ انه



الشكل ٣٢-١٧ . فيريونات فيروس شلل الأطفال في تنظيم بللوري داخل سيتوبلازم احدى خلايا الثدييات. (١١٠٠٠٠ مرة، بتصريح من دكتور ساموبل ديلز، جامعة اونتاريو الغربية).

مازال هناك بل انه في الواقع يكون موجودا في كل الخلايا الناتجة من الاكثار (مع بعض الاستثناءات) . هذه الخلايا تكون مجموعة clone ويمكن إثبات إحتوائها على الفيروس عن طريق معاملتها بالاشعة فوق البنفسيجية أو بمواد كيميائية معينة. مثل هذه المعاملة تعيد الدورة التحللية العادية (ويقال أنه تم إنقاذ الفيروس ـ وهو ما يصعب أن يقال بالنسبة للعائل)

العلاقة المستقرة بين الفيروس وعائله البكتيري تسمى العلاقة التحللية lysogeny فالحمض DNA الفيروسي يندمج بالفعل مع الطراز الوراثي لعائله و يتم تضاعف الحمض DNA الخاص بالعائل قبل كل إنقسام خلوي. اثناء العلاقة التحللية فان الفيروس يسمى بالفيروس الاولى porphage. في بعض الحالات ينغرس الفيروس الأولى مباشرة في كروموسوم العائل ويحدث ذلك عند موضع محدد على الكروموسوم الذي يمكن حينئذ عمل خريطة له بالطرق الوراثية المعروفة. في الحقيقة عندما يتم إنقاذ الفيروس قد تحتوي الفيريونات المنطلقة على بعض من جينات العائل بالاضافة إلى الجينات الخاصة بها وعندما تصيب هذه الفيريونات عوائل جدد فانها تغرس فيها

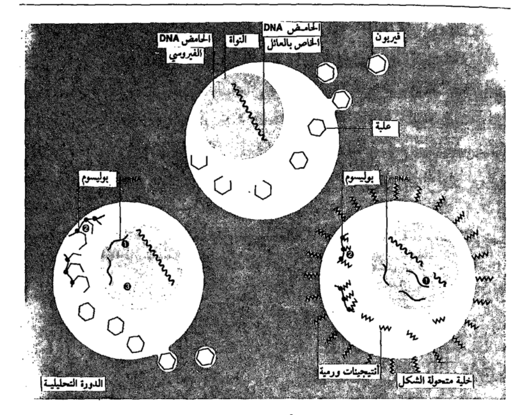
هذه الجينات البكتيرية. عملية النقل الوراثي هذه ـ التي يكون الوسيط فيها هو الفيروس قد أعطيت إسم خاص هو التحول transduction.

ماذا يفعل الفيروس الاولى بينما هو جزء من الطراز الوراثي لعائله؟ انه قد يعبر عن جينات معينة من جيناته. فمثلا الجين التركيبي الخاص بتخليق سم الديفتيريا هو من أجزاء الفيروس الاولى (انظر القسم ٣٣ـ١١) و ليس العائل.

يمكن أن تحدث عملية إختفاء مشابهة مع الفيروسات الحيوانية (الشكل ٣٢ـ١٨) فالفيروس القردى ٤٠ (SV40 - Simian virus 40) هو من فيروسات الحمض DNA له دورة تحللية في خلايا كلية القرد الافريقي الأخضر ويستطيع أن يصيب أنواع أخرى من الخلايا (مثل الانسان، الفأر، الجرذ) ولكن في تلك الحالة لا تكتمل الدورة التحللية إلا نادرا. وبدلا من ذلك يختفي الفيروس بطريقة تشبه إلى حد كبير العلاقة التحللية للفيروسات البكتيرية وتظهر أنتيجينات جديدة على سطح خلية العائل (الشكل ٣٢ـ١٨). فإذا اندمجت الخلية مع خلية من كلية القرد الافريقي الأخضر (انظر القسم ١١ـ٨) فان هذه الأخيرة تصاب وتتحلل.

هذه الاصابات تشبه العلاقة التحللية من ناحية أخرى. فالحمض DNA الخاص بالفيروس يصبح جزء من الطراز الوراثي لخلية العائل (على سبيل المثال الفيروس SV40 يصبح جزء من الكروموسوم السابع في خلايا الانسان) و يتضاعف كلما مرت خلية العائل بالمرحلة س.

هذه الاصابة الفيروسية الخفية غالبا ما يكون لها نتيجة أخرى فالخلية المصابة يحدث فيها تحول في الشكل ويتغير أيض الخلية في عدة نواحي ولكن أهمها هو أن الخلية لم تعد تنقسم بطريقة منظمة. بالتالي تنمو هذه الخلايا لتعطى أورام خبيثة أو سرطانات Can-cers لذلك فان هذه الفيروسيات تكون مسببة للسرطان Oncogenic عندما تدخل إلى جسم الحيوان المناسب (مثل القوارض و الطيور). التحولات الفيروسية يمكن أيضا إحداثها معمليا in vitro أي في مزارع الخلايا فاذا ما أدخلت الخلايا المتحولة في العائل المناسب فانها تتسبب في حدوث السرطان (لاحظ أن إستعمال كلمة التحول هنا يختلف تماما عن معنى نفس الكلمة كما استعملناها عند دراستنا للتحولات البكتيرية في الباب ١٢).



الشكل ٣٢-١٨. المصائر البديلة لبعض الأحماض النووية الفيروسية التي تغزو خلايا الثدييات. في بعض الخلايا أو تحت ظروف معينة يدخل الفيروس في دورة تحللية. عندما يستولى الحمض DNA الفيروسي على آليات الأيض في خلية العائل فانه يتم نسخه (١)، وترجمته (٢) وتضاعفه (٣) لتكوين المواد اللازمة لتجميع فيريونات جديدة (الجانب الأسفل الأيسر). في خلايا أخرى (الجانب الأسفل الأيمن) يصبح الحمض DNA جزءا من الحمض DNA للعائل. النسخ (١) والترجمة (٢) لواحد أو أكثر من جيناته ينتج أنتيجينات تتراص على سطح الخلية. مثل هذه الخلية. المتحولة شكليا قد تأخذ في الانقسام بدون ضوابط أي قد تصبح سرطانية.

القليل من فيروسات الحمض RNA يسبب السرطان إذ أنها ايضا تستطيع إحداث التحـول في الخلايا الحيوانية. ومع ذلك فقبل ان تصبح معلوماتها الوراثية جزءا من الطراز الجيني للعائل فانه لابد من ترجمتها اولا إلى حمض DNA لقد كانت هذه الفكرة هي التـي قادت يميـن وبالتيمـور للبحث عن إنزيـم الحمض DNA بوليميريز المعتمد على الحمض RNA في الخـلايا المتحـولـة. هذا البحث أدى إلى الكشف عن وجـود الترانسكريبتيز العكســي reverse transcriptase (انظر القسم ١٣-١٢) - «العكسي» لأنه يتسبب في نقل المعلومات الوراثية من الحمض RNA إلى الحمض DNA بدلا من الاتجاه المعتاد أي من الحمض DNA إلى الحمض RNA.

ملخص Summary: اذن ما هو الفيروس؟ إنه حمض نووى قادر على إحداث إصابة ومعبأ في تجمع من الجزيئات الكبيرة (العلبة) هي التي تحدد إلى درجة كبيرة الخلايا التي تصاب به. وما أن يدخل إلى خلية العائل فان هذا الحمض النووى قد يفعل أحد شيئين. فقد يعيد توجيه كل العمليات الايضية لخلية العائل تقريبا (مثل انزيمات تخليق ATP الريبوسومات ، الحمض tRNA) إلى هدف واحد هو إنتاج نسخ إضافية من نفسه (في دورتة التحللية) أو قد يختفي حيث يتنكر لبعض الوقت كجزء من الطراز الوراثي لعائله. قد تكون النتائج بالنسبة للعائل طفيفة مثل إنتشار القروح الباردة عندما يعمل الضغط النفسي أو التعرض للضوء على تحويل حالة كامنة من الاصابة بفيروس الهربس (HSV) إلى فيروس تحللي. ولكن هذه النتائج قد تكون خطيرة - مثلما تهرب خلية العائل المصابة من الاليات العادية المنظمة للجسم وتنمو بدون تحكم إلى سرطان. وانى أترك لكم إتخاذ القرار إذا كان الفيروس حي أو غير ذلك.

ملخص الباب CHAPTER SUMMARY

بدائيات النواة هي كائنات وحيدة الخلية (احيانا في مستعمرات) ليس فيها: (١) نواة، (٢) ميتوكوندريا، (٣) بلاستيدات، (٤) جهاز جولجي، (٥) انابيب دقيقة. جينـات بدائيات النـواة تكـون مرتبة على كروموسوم مفرد يختلف عن كروموسومات حقيقيات النـواة في عدم إحتـوائـة على هستونات. وحينما يحدث التكاثر الجنسي في بدائيات النـواة فانـه يحدث بالانتقـال غير الموجه للجينات من خلية إلى اخرى. لا الانقسام غير المباشر ولا الانقسام الاختزالي يحدث في بدائيات النواة. بدائيات النواة فيها ريبوسومات ولكن هذه تختلف في التركيب عن الريبوسومات الموجودة في حقيقيات النواة.

البكتيريا وأقاربها من بدائيات النواة. خلايا البكتيريا يحيط بها جدار صلب مكون من الببتيد وجلايكان. الأغشية الداخلية موجودة في البكتيريا (وبعض بدائيات النواة الأخرى). ولكن هذه لاتكون عضيات أبدا مثل الميتوكوندريا والبلاستيدات الخضراء.

تعيش معظم البكتيريا شاذة التغذية مترممة. ومع ذلك فالقليل منها يكون متطفل ويكون مسئولا عن الاصابة بأنواع من الأمراض في الانسان والحيوانات الأخرى والنباتات.

هناك الكثير من بدائيات النواة التى تقوم بالبناء الضوئي. بكتيريا البناء الضوئي بالمعنى التقليدي لكلمة بكتيريا تستخدم مادة أخرى غير الماء كمصدر للاليكترونات اللازمة للبناء الضوئي. وعلى ذلك فهذه الكائنات لا تنتج الاوكسجين اثناء البناء الضوئي. الطحالب الخضراء المزرقة ـ البعض يسميها البكتيريا الزرقاء ـ تستخدم الماء وتطلق الاوكسجين اثناء البناء الضوئي. الطحالب الخضراء المزرقة يوجد بها كلوروفيل أ وكلوروفيل ج وقد تم حديثا إكتشاف بدائيات نواة تحتوي على كلوروفيل أ وكلوروفيل ب ـ وهي نفس الاصباغ التي تستخدمها النباتات.

البكتيريا القديمة هي بدائيات نواة وحيدة الخلية تشبة البكتيريا الاخرى في المظهر وان كانت تختلف عنها من عدة نواحي أساسية. بالذات من حيث (١) ليس لها جدار من الببيتيدوجلايكان، (٢) تركيب الجزيئات التي تتكون منها الريبوسومات مختلف.

الفيروسات عبارة عن دقائق تتكون من قلب يحتوي على حمض نووى (وغالبا جزيئات بروتين كذلك) ومحاط بعلبة من البروتينات وفي بعض الحالات جزيئات أخرى مثل الليبيدات تعمل العلبة على حقن القلب في خلية عائل مناسب. الحمض النووي الموجود في القلب ـ DNA في البعض و RNA في البعض الاخر ـ يحمل عدد من الجينات التي قد تغير مسار آليات الأيض لخلية العائل لتصنيع دقائق فيروسية جديدة. في بعض المواقف قد تصبح جينات الفيروس البكتيري جزء من الطراز الوراثي لخلية العائل، وهي عملية تسمى بالعلاقة التحللية. ظاهرة مماثلة قد تحدث في الخلايا الحيوانية وأحيانا قد تتسبب في جعل الخلية سرطانية.

تمارين ومسائل EXERCISES AND PROBLEMS

١ ــ ميز بين (أ) البكتيريا الحقيقية، (ب) الميكوبلازمات، (ج) الريكتسيا (د) الفيروسات.

٢ ــ وضح ما إذا كان كل من الآتي مميز لبدائيات النواة أو لحقيقيات النواة أو لكليهما: (أ) الشبكة الاندوبلازمية، (ب) الريبوسومات، (ج) المغزل، (د) الحمض DNA (س) الشكل D للاحماض الامينية، (ص) الهستونات، (ع) الانقسام غير المباشر (ل) التسمم بسم الديفتيريا.

٣ ــ ميز بين التحول الشكلي والتحول والتزاوج في البكتيريا. ماذا يحقق كل منها؟

٤ ــ ماهي أوجه التشابه بين البكتيريا والطحالب الخضراء المزرقة ؟

٥ ــ بعض علماء الأحياء يقولون ان دقائق تشبه الفيروسات كانت أول أشكال الحياة على الأرض. ما هو الدليل الذي يدعم هذه النظرية؟ وما هو الدليل الذي يضعفها؟

٦ ــ خلايا النــوع *Oscillatoria erythraea* لونها أحمر فاتح . لماذا إذن يصنف هذا النوع ضمن الطحالب الخضراء المزرقة؟

٧ ــ ماهي أوجة التشابه بين الحمض DNA والحمض RNA في الفيروسات؟ وما هي أوجة الاختلاف بينهما.

المراجع REFERENCES

1. STAINER, R. Y., E. A. ADELBERG, and J. INGRAHAM, The Microbial World, 4th ed., Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N. J., 1976. A comprehensive treatise with emphasis on the bacteria.
2. BROCK, T. D., ed. Milestones in Microbiology, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N. J., 1961. Includes original reports Pasteur on lactic acid fermentation, by Koch on anthrax and tuberclosis, by Stanley on the crystallization of TMV, by Gram on his stain, and many, others. Reprinted in 1975 by the American Society for Microbiology.
3. ECHLIN, P., The Blue-Green Algea, Scientific American, Offprint No. 1044, June, 1966.
4. WOESE, C. R., Archaebacteria, Scientific American, June, 1981.
5. SCHOPE, J. W., The Evolution of the Earliest Cells, Scientific Amerian, Offprint No. 1402, September, 1978.
6. SANDERS, F. K., The Growth of viruses, Oxford Biology Readers, No. 64, Oxford University Press, Oxford, 1975.
7. SPECTOR, DEBORAH H., and D. BALTIMORE, The Molecular Biology of Poliovirus, Scientific American May, 1975. A detailed account of the lyctic cycle of this RNA virus.
8. RAFERTY, K. A., JR., Herpes Viruses and Cancer, Scientific Amerian

October, 1973. Describes how hepes viruses, on occasion, fail to complete their normal lytic cyce and, instead, induce malignancy in their host cell.

9. CAMPBELL, A. M., How Viruses Insert Their DNA into the DNA of the Host Cell, Scientific American, Offprint No. 1347, December, 1976.

CHAPTER 33 الباب الثالث والثلاثون

البروتيستا والفطريات

THE PROTISTS AND FUNGI

THE KINGDOM PROTISTA	مملكة البروتيستا :
CHARACTERISTICS	٣٣-١ : المميزات :
THE EVOLUTION OF EUKARYOTES	٣٣-٢ : تطور حقيقيات النواة :
THE RHIZOPODS	٣٣-٣ : جذرية القدم :
(PHYLUM SARCODINA)	(شعبة اللحميات)
THE FLAGELLATES	٣٣-٤ : السوطيات :
(PHYLUM MASTIGOPHORA)	(شعبة السوطيات)
THE CILIATES	٣٣-٥ : الهدبيات :
(PHYLUM CILIOPHORA)	(شعبة الهدبيات)
THE SPOROZOANS	٣٣-٦ : الحيوانات الجرثومية (أو البوغية)
(PHYLUM SPOROZOA)	(شعبة الحيوانات الجرثومية)
THE EUKARYOTIC ALGAE	٣٣-٧ : الطحالب حقيقية النواة :
THE RED ALGAE	٣٣-٨ : الطحالب الحمراء :
(PHYLUM RHODOPHYTA)	(شعبة الطحالب الحمراء)

الباب الثالث والثلاثون
البروتيستات والفطريات

حقيقيات النواة سائدة بكل المقاييس على الأرض. فمن بين ١,٢ مليون نوع من الكائنات الحية الموجودة على الأرض اليوم يوجد بضع آلاف فقط من بدائيات النواة. كيف يمكن تصنيف هذا التجمع الهائل؟ بعض علماء الأحياء يفضلون مملكتين: النباتات والحيوانات. ومع ذلك فان مثل هذا النظام يعني أن بعض الأشكال (مثل الأعشاب البحرية والخمائر) يجب أن تضم مع النباتات مع أنها قد لاتمت بصلة لنبات نجيلي أكثر مما تمت أنت إليه بصلة. سوف نقسم حقيقيات النواة إذن إلى أربع مجموعات أو ممالك: البروتيستا والفطريات والنباتات والحيوانات. من هذه كانت البروتيستا أول ما ظهر.

مملكة البروتيستا: THE KINGDOM PROTISTA

٣٣-١ المميزات: CHARACTERISTICS

كل شعبة نضعها في البروتيستا تشتمل على بعض الأفراد وحيدة الخلية (مع إستثناء واحد). الكثير من الشعب تحتوي أيضا على أنواع تكون أفرادهم عديدة الخلايا ولكن ليس في أي من هذه الشعب أي أنسجة متخصصة أو أعضاء . . . إلخ مثلما يوجد في النباتات والحيوانات.

الأسم بروتيستا Protista يعني حرفيا الأول "the very first" وعلى الرغم من أن علاقاتها التطورية مازالت غامضة تماما فانه شبه مؤكد أن معظم الشعب التي تشتمل عليها البروتيستا (١١ شعبة) قد ظهرت على الأرض قبل النباتات والحيوانات وقد تكون

شعبة أو شعبتـان ظهـرتـا على الأرض فيها بعـد ولكن بصورة مستقلة عن النباتات والحيوانات وبدون أن تصل مطلقا إلى ما فيهما من التعقد التركيبي والتباين.

٣٣-٢: تطور حقيقيات النواة THE EVOLUTION OF EUKARYOTES

كيف نشـأت البروتيستا؟ ربما كانت أكثر النظريات التي تحاول الأجابة على هذا السؤال اثارة أن حقيقيات النواة الأولى هذه قد نشات بالتجمع التكافلي symbiotic association لنوعين أو أكثر من بدائيات النواة. وحسب هذه النظرية فان الميتوكوندريا الموجودة في خلايا حقيقيات النـواة كانت يومـا ما بكتيريـا هوائيـة تعيش متكافلة داخل عائلهـا (التكـافـل الـداخلي endosymbiosis). البلاستيدات الخضراء يعتقد أنها منحدرة عن طحالب بدائية من المحتمل أن تكون من الطحالب الخضراء المزرقة أو من أسلاف الطحالب الخضراء الأولية (أنظر القسم ٣٢-١٧). ولقد اقترح البعض أن السبـيروكيتـات المتكافلة داخليا قد أمدت الأسواط والأهداب وبها تكتمل الأجسام الأساسية التي يبني منها المغزل ويصبح الأنقسام غير المباشر ممكنا. دعنا نفحص الدليل الذي يؤيد هذه النظرية.

كل من الميتوكوندريا والبلاستيدات الخضراء (وكذلك الأجسام الأساسية) شبه ذاتية النشأة semiautonomous بمعنى أنها تستطيع مضاعفة نفسها مستقلة عن تضاعف الخلية التي توجد بها. هذه الخاصية تزداد وضوحا عندما نتذكر أن كلا من الميتوكوندريا و البلاستيدات الخضراء لها نظامها الوراثي الضامر المنفصل تماما عن النظام الوراثـي للنـواة. كل منها بها الحمض DNA وآلية تخليق البروتين الخاصة بها. الشيء الغريب حقـا أن هذه الالية الوراثية تشبه تماما ما في بدائيات النواة. فالحمض DNA موجود كجزيء واحد تماما كما هو الحال في البكتيريا والطحالب الخضراء المزرقة. كما أنـه ليس معقدا بالهستونات مثل الحمض DNA الموجود في كروموسومات حقيقيات النواة. من ناحية أخـرى فان بعض جينات الميتوكوندريا والبلاستيدات الخضراء تكون مفصولة بواسطـة إنترونات entrons (أنظر القسم ١٤-٤) وهي خاصية تكون موجودة عادة في جينات حقيقيات النواة. كذلك فان الشفرة الوراثية الموجودة في الميتوكوندريا تختلف بعض الشيء عما هو موجود في كل من البكتيريا وحقيقيات النواة (أنظر القسم ١٣-٦).

هنـاك تشـابهـات أيضـا بين آليات تخليق البروتين في الميتوكوندريا والبلاستيدات

الخضراء وفي بدائيات النواة. حجم وخواص الريبوسومات الموجودة في داخل الميتوكوندريا والبلاستيدات الخضراء يشبهان ما في البكتيريا والطحالب الخضراء المزرقة وليس كما في السيتوبلازم المحيط بهما في حقيقيات النواة. عدد من المضادات الحيوية مثل ستربتومايسين يمارس عمله عن طريق التدخل في تخليق البروتين في البكتيريا ولكن ليس في العائل من حقيقيات النواة. ومع ذلك فان هذه المضادات الحيوية تمنع تخليق البروتين في داخل البلاستيدات الخضراء والميتوكوندريا. وبالعكس فان المركبات المانعة لتخليق البروتين في سيتوبلازم حقيقيات النواة مثل سم الديفتيريا ليس لها مثل هذا التأثير على تخليق البروتين في البكتيريا ولا على تخليق البروتين في داخل الميتوكوندريا والبلاستيدات الخضراء. عند تفتيت الريبوسومات من بلاستيدات اليوجلينا ***Euglena*** الى مكو ناتها الأساسية ثم السماح لها باعادة التجمع ولكن مع وحدات تكميلية من ريبوسومات بكتيريا القولون *E. coli* فان الهجين المركب الناتج يعمل بكل كفاءة. المضاد الحيوي ريفامبسين rifampicin الذي يمنع بوليميريز الحمض RNA في البكتيريا ليس له نفس هذا التأثير داخل النواة في حقيقيات النواة ولكنه يمنع بوليميريوز الحمض RNA في داخل الميتوكوندريا.

العلاقة غير العادية بين الخلية وبين عضياتها أصبحت الآن على الأقل إجبارية. وعند فصلهما عن بعضهما فان كل واحدة منهما لا تستطيع أن تنمو بمفردها ولكن هذه العلاقة الوثيقة قد تعكس مرحلة متوسطة في العملية التي إنتهت إلى البلاستيدات الخضراء الحديثة. التي تحتفظ بجيناتها الخاصة ولكنها تعتمد على الجينات النووية الخاصة بالعائل في الوظائف الأساسية.

دعنا ندرس مثال. خطوة رئيسية في تفاعلات الظلام في البناء الضوئي هي أخذ ثاني أكسيد الكربون بواسطة ثاني فوسفات الريبيولوز (إرجع إلى الشكل ١٨ - ١٨). هذه الخطوة يحفزها إنزيم ثاني فوسفات الريبيولوز كربوكسيليز. هذا البروتين يتكون مع نسخ عديدة من نوعين من الوحدات إحداهما كبيرة والأخرى صغيرة. الجين التركيبي الذي يحمل شفرة عديد البيبتيد للوحدات الكبيرة هو جزء من جزىء مفرد من الحمض DNA الموجود في البلاستيدة الخضراء. يتم تخليق هذه الوحدة على ريبوسومات البلاستيدة الخضراء (أي بدائية النواة) من ناحية أخرى تكون شفرة الوحدات الصغيرة موجودة في جين نووى ويتم تخليقها على ريبوسومات حقيقية النواة في سيتوبلازم الخلية.



الشكـل ٣٣ـ١ . جلاوكوسيستيس نوستوكينيارم *Glaucocystis nostochinearum* وهو طحلب أخضر وحيد الخلية . لاتوجد به بلاستيدات خضراء من النوع الموجود عادة في الطحالب الخضراء ولكنه يقوم بالبناء الضوئي بواسطة عضيات تشبة الطحالب الخضراء المزرقة . (الأجسام البيضاوية الكبيرة) . لاحظ وجود جزء من جدار الخلية في الجزء الأيمن السفلي (التكبير ١٠٠٠٠ مرة بتصريح من باتريك اكلين) .

موقف مشابه يحدث في الميتوكوندريا . فجينات الميتوكوندريا تكون مسئولة عن أجزاء معينة من الميتوكوندريا (مثل الحمض RNA الخاص بريبوسوماتها وعديدات الببتيد اللازمة لتخليق السيتوكروم ب) . من جهة أخرى تكون الجينات النووية مسئولة عن الأجزاء الأساسية الأخرى في الميتوكوندريا مثل السيتوكروم ج وإنزيمات بوليميريز الحمض DNA وبوليميريز الحمض RNA. فاذا كانت البلاستيدات الخضراء والميتوكوندريا هي حقا النتاج التطورى للتكامل الداخلى فانه يكون واضحاً لماذا لم تعد هذه العضيات قادرة على المعيشة المستقلة .

متى ظهرت البروتيستا حقيقية النواة لأول مرة على الأرض؟ لأن كل حقيقيات النواة الحديثة تقريبا هوائية فانه يمكننا أن نستنتج أنها ربما لم تظهر حتى استطاعت الطحالب بدائية النواة (الطحالب الخضراء المزرقة) أن تطلق كميات كبيرة من الأوكسجين في الغلاف الجوى . وربما تكون هذه العملية قد بدأت منذ ٢ أو ٣ بليون سنة . ولكن ما يزال غير مؤكد متى بدأت الحياة في الأستفادة من الفرصة السانحة للمعيشة الحيوانية

وللتحول الى الصور حقيقية النواة. عدد كبير من الحفريات المجهرية التي عثر عليها كانت في صخور يبلغ عمرها حوالي بليون سنة (الشكل ٣٣-٢).

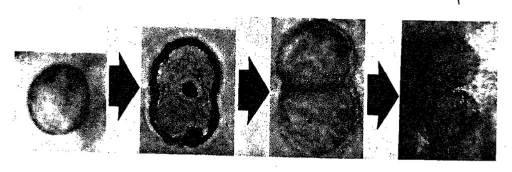
ماهي أول بروتيستا حقيقية النواة؟ إننا ببساطة لانعرف. ولكننا اذا وضعنا في خلية نواة وميتوكوندريا وبعض الأنابيب الدقيقة وربما سوط فاننا نحصل على مخلوق من الذي نسميهم الآن بالحيوانات الأولية protozoa.

كلمة الحيوانات الأولية protozoa لم تعد الآن من المصطلحات التصنيفية الرسمية ولكنها مجرد إسم شائع لحوالي ٣٠٠٠٠ من الكائنات الضئيلة وحيدة الخلية غير الخضراء.

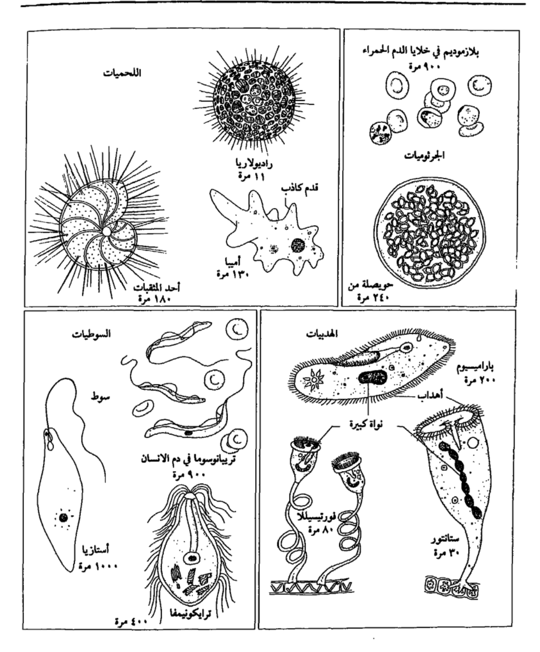
وفيما عدا التشابه في هذه الصفات البسيطة فان المجموعة فيها تباين غير عادي. وسوف ننسب أفرادها الى واحدة من أربع شعب على أساس طريقة الحركة. وربما كان ذلك مقياس غير كاف لتحديد درجة القرابة وعلى ذلك فان نظامنا التصنيفي يكون غير طبيعي على الأقل جزئيا. واذا كان لهذا النظام أن يصبح طبيعيا فان ذلك ربما تطلب إنشاء عدة شعب أخرى للحيوانات الأولية.

٣٣-٣: جذرية القدم : (شعبة اللحميات)
THE RHIZOPODS (PHYLUM SARCODINA)

أفراد هذه الشعبة يتحركون بانسياب محتويات الخلية الى نتوءات مؤقتة تسمى الأقدام الكاذبة pseudopodia. الأميبا amoeba (الشكل ٣٣-٣) هي المثال



الشكل ٣٣-٢. طحالب مجهرية من أستراليا. هذه الحفريات تبلغ من العمر ٨٥٠ ± ١٠٠ مليون سنة. التتابع المبين هنا يوحى بحدوث انقسام الخلية بالانقسام غير المباشر. (بتصريح من ج. ويليام شويف).



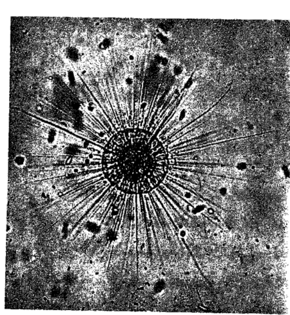
الشكل ٣٣-٣. عينة تمثل الشعب الأربع للحيوانات الأولية.

التقليدي للمجموعة ومنها اكتسبت هذه الطريقة في الحركة اسمها بالحركة الأميبية amoeboid حجم الأميبا يساوي تقريبا حجم إحدى النقاط المطبوعة على هذه الصفحة وهي تعيش في المياه العذبة (بما في ذلك في المياه العذبة المستخدمة في ترطيب جو المنازل حيث أشير اليها على أنها سبب حدوث مرض الحساسية المسمى حمى المرطبات "humidifier fever" عند بعض الأشخاص). ولكن الأخطر من ذلك بكثير هي الأميبا

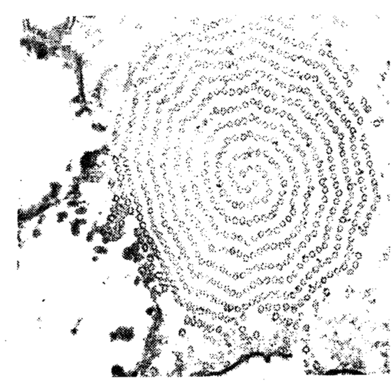
الطفيلية الموجودة في المناطق الأستوائية. هذه الطفيليات المعوية تسبب الدوسنتاريا الأميبية. اذ تتغذى الأميبا بالألتهام phagocytosis ومع إستثناءات نادرة فانها تتكاثر لاجنسيا فقط.

عادة تنضم الى هذه الشعبة مجموعتان كبيرتان من الحيوانات الأولية البحرية. الأولى هي المثقبات foraminifera وهي محمية بهيكل خارجي عديد الغرف من كربونات الكالسيوم. السفوح الطباشيرية عند دوفر بانجلترا تكونت من ترسبات من أصداف المثقبات. أما الثانية وهي الشعاعيات radiolaria فهي شائعة بصفة خاصة في المحيط الهندي وفي المحيط الهادي. هذه الكائنات لها هيكل داخلي من السيليكا غالبا ما يكون في غاية التعقيد والجمال (الشكل ٣٣-٣). على الرغم من وجود الأقدام الكاذبة في هاتين المجموعتين إلا أنه من المحتمل ألا تكون هذه الكائنات وثيقة الصلة بالأميبا أو حتى فيما بينها. وربما كان من الواجب وضع كل منهما في شعبة خاصة بها. ونفس الشيء ينطبق على الحيوانات الشمسية heliozoans. أغلب هذه المخلوقات الجميلة (الشكل ٣٣-٤) يعيش في المياه العذبة. الأقدام المحورية axopods التي تشع من الخلية تكون مدعمة بنظام محكم التوجيه من الأنابيب الدقيقة (الشكل ٣٣-٥).

كل ذلك يدلنا على أن البلاستيدات الخضراء والميتوكوندريا تشترك في كثير من الصفات مع الخلايا بدائية النواة. ولكن ماذا عن الدليل على أن بدائيات النواة يمكن



الشكل ٣٣-٤. أكتينوسفيريم *Actinosphaerium*، أحد الحيوانات الشمسية التي تعيش في المياه العذبة. الخيوط الدقيقة هي الأقدام المحورية وهي تحافظ على شكلها بمجموعة متوازنة من الأنابيب الدقيقة. أي شيء يعمل على تشتيت البلمرات الثنائية لمادة التيوبيولين في الأنابيب الدقيقة يسبب إختفاء الأقدم المحورية. (بتصريح من دكتور لويس ج. تيليني، جامعة بنسلفانيا).



الشكل ٣٣ـ٥ . قطاع عرضي في أحد الأقدام المحورية لأحد الحيوانات الشمسية كما يرى بالمجهر الإليكتروني. الترتيب المحكم للأنابيب الدقيقة ضروري للمحافظة على تركيب هذه الإمتدادات السيتوبلازمية. (بتصريح من دكتور لويس ج. تيلني).

في الواقع أن تقيم علاقات تكافل داخلي؟ هناك عدد من الكائنات شاذة التغذية تستغل الكائنات داخلية التكافل التي تقوم بالبناء الضوئي. في أغلب الحالات تكون هذه الكائنات داخلية التكافل من بدائيات النواة أي من الطحالب الخضراء الزرقة. الشكل ٣٣ـ١ هو صورة بالمجهر الأليكتروني لطحلب أخضر وحيد الخلية فقد بلاستيداته الخضراء ولكنه مازال قادرا على أداء البناء الضوئي بفضل اكتسابه لتراكيب تشبه (في التركيب وفي الكيمياء الحيوية) الطحالب الخضراء المزرقة وحيدة الخلية.

٣٣ـ٤ : السوطيات (شعبة السوطيات)

THE FLAGELLATES (PHYLUM MASTIGOPHORA)

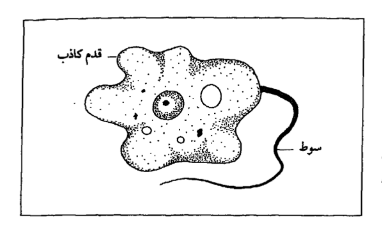
كما يوحى الأسم فان السوطيات تتحرك بواسطة واحد أو أكثر من الأسواط. هذه الأسواط تتركب من أنابيب دقيقة مرتبة في نمط ٩ + ٢ الذي درسناه في القسم ٣٠ـ١٢. فيما عدا هذه الصفة المشتركة فان هذه المجموعة غير متجانسة جدا. فهي تشمل أشكال مثل أستاسيا *Astasia* (الشكل ٣٣ـ٣) والذي كان يمكن أن نسميه يوجلينا *Euglena* ونصنفه مع الطحالب لو أنه كان يحتوي على بلاستيدات خضراء.

عدد من أنواع السوطيات (مثل الترايكونيمفا *Trichonympha* ـ الشكل ٣٣ـ٣ـ والميكزوترايكا *Myxotricha*) تعيش في أحشاء النمل الأبيض وتهضم دقائق الخشب التي يأكلها النمل الأبيض ولكنهم لايستطيعون الهضم لأنفسهم. يبدو الميكزوترايكا كما لو كانت تغطيه الأسواط ولكن أربعة فقط من هذه الأسواط تكون حقيقية أما الباقي فانها في الواقع سبيروكيتات تلتصق بسطحه وتعمل حركتها السوطية على تمكين هذا المخلوق من السباحة وهو لا يستعمل أسواطه إلا في التوجيه فقط. هذه العلاقة الغريبة لها أهمية خاصة إذ أنها تعكس الطريقة التي يحتمل أن تكون الأسواط والأنابيب الدقيقة قد نشأت بها. في الواقع هناك دليل على أن السبيروكيتات هذه تحتوي على التيوبيولين وهو المادة الخام التي تتكون مها الأنابيب الدقيقة.

في مساحات كبيرة من أفريقيا تتطفل مجموعة أخرى من السوطيات من جنس تريبانوساما *Trypanosoma* على الانسان والماشية. التريبانوسوما يسبب مرض النوم في الأنسان ومرض ناجانا nagana في الماشية. في كلتا الحالتين فانها تدخل إلى تيار الدم للعائل بواسطة لدغة من ذبابة تسى تسى tsetse fly.

تعيش التريبانوسومات في الدم (الشكل ٣٣ـ٣) والمرض الذي تسببه طويل الأمد وخطير. لماذا لايستجيب جهاز المناعة لهؤلاء الغزاة ويحطمهم؟ في الواقع يستجيب الجسم لوجود التريبانوسومات بتكوين أجسام مضادة لهم ولكن ما أن تصبح الأستجابة فعالة حتى تغير التريبانوسومات من محددات الأنتيجينات antegenic deteminants الموجودة على سطحها وتتفادى التحطيم! ويحاول جهاز المناعة مرة أخرى ومرة أخرى تختبيء التريبانوسومات بتغيير محددات الأنتيجينات بها.

تتحرك بعض السوطيات كذلك بالأقدام الكاذبة. وقد يكون لديها كلا الطريقتين في وقت واحد (الشكل ٣٣ـ٦) أو قد يكون لديها إحدى الطريقتين أو الأخرى حسب ما تملية الظروف. وجود مثل هذه الأشكال يوحى بوجود علاقة وثيقة بين هذه الشعب. وفي الواقع فقد اقترح الأسم السوطيات الجذرية Rhizoflagellata لكى يضم جذريات القدم والسوطيات معا. فيما عدا غياب البلاستيدات الخضراء فانهم فيما بينهم يشتملون على كل أجهزة حقيقيات النواة ولهذا السبب فان البعض يعتبر أن السوطيات الجذرية الأولى هي المصدر الذي تطورت منه كل حقيقيات النواة الأخرى.



الشكل ٣٣-٦. يتحرك الماستيجاميبا *Mastigamoeba* بواسطة قدم كاذب وسوط.

٣٣-٥ : الهدبيات (شعبة الهدبيات)
THE CILIATES (PHYLUM CILIOPHORA)

تتحرك الهدبيات بواسطة الضربات الأيقاعية للأهداب. والأهداب مثل الأسواط تتركب على أساس النمط ٩ + ٢ من الأنابيب الدقيقة وعلى الرغم من أن كل الهدبيات وحيدة الخلية إلا أن بعضها كبير لدرجة أنه يمكن رؤيته بالعين المجردة. والمثال التقليدي لهذه المجموعة هو البارامسيوم *Paramecium* وهو يوجد عادة في المياه العذبة مع غيره من الهدبيات مثل ستنتور *Stentor* وفورتيسيللا *Vorticella* (الشكل ٣٣-٣) وعلى النقيض من الحيوانات الأولية الأخرى فان الهدبيات جميعا وثيقة الصلة ببعضها، أو بعبارة أخرى فان هذه المجموعة طبيعية.

تتغذى الهدبيات بسحب تيار من الماء المحمل بالدقائق إلى فم وبلعوم. تمتليء فجوات غذائية عند قاع البلعوم ثم تتحرك في داخل السيتوبلازم حيث يتم هضم محتوياتها أما المواد غير القابلة للهضم في الفجوات (مثل أصداف الدياتومات) فانها تطرد إلى الخارج بواسطة الأخراج (من خلال ثقب مستديم). الهدبيات التي تعيش في الماء العذب تتغلب على الأنسياب المستمر للماء إلى داخلها عن طريق ضخه إلى الخارج بواسطة واحدة أو إثنتين من الفجوات القابضة Contractile Vacuoles. الهدبيات الطفيلية التي تعيش في وسط متعادل التوتر ليس لديها فجوات قابضة.

للهدبيات واحدة أو أكثر من الأنوية الدقيقة micronuclei ونواة واحدة كبيرة macronucleus متضاعفة العدد الكروموسومي poyploid تكون النواة الكبيرة

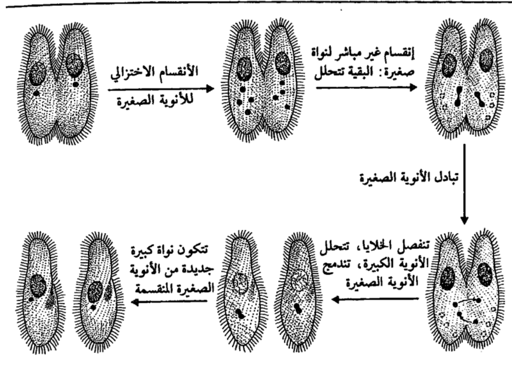
مسئولة عن تشغيل النشاطات الأيضية العامة في الخلية وربما كان حجمها الكبير إنعكاسا للحجم الكبير من السيتوبلازم في هذه المخلوقات. الأنوية الصغيرة تكون مسئولة عن التكاثر الجنسي ومن حين إلى آخر عن تكوين نواة كبيرة جديدة.

التكاثر اللاجنسي في الهدبيات يتم بالأنشطار fission حيث تنفصل كروموسومات الأنوية الصغيرة على مغزل أما النواة الكبيرة فانها ببساطة تنفلق إلى نواتين.

تتكاثر الهدبيات جنسيا أيضا. دعنا نفحص التكاثر الجنسي كما يحدث في واحد من الهدبيات هو باراميسيوم كوداتم *Paramecium caudatum*. هذه العملية تسمى بالأقتران Conjugation. تتجاور خليتان جنبا إلى جنب (الشكل ٣٣-٣) وينشأ جسر سيتوبلازمي بينهما وتمر النواة الصغيرة بكل منهما بمرحلتى الأنقسام الأختزالي (إرجع إلى القسم ٩-٥) ثم تتحلل ثلاث من الأنوية أحادية العدد الكروموسومي الناتجة. أما الرابعة فتنقسم إنقسام غير مباشر. تتحرك نواة بنوية واحدة من كل خلية عبر الجسر السيتوبلازمي وتلتحم مع النواة الباقية في الخلية الأخرى (الشكل ٣٣-٧) وعندئذ تنفصل الخليتان. وبينما تتحلل النواة الكبيرة فان الأنوية الصغيرة تمر بعدة إنقسامات غير مباشرة. أربعة من هذه الأنوية الصغيرة تكون نواة كبيرة جديدة.

شارك في هذه العملية أبوانِ وانفصل في نهايتها أبوان. وقد تسأل أي نوع من التكاثر هذا؟ ولكن العملية التي قاما بها هي خلاصة وأساس التكاثر الجنسي - التهجين الوراثي genetic recombination. الذرية "offspring" ليست مثل الآباء ففيها أفراد جدد وسرعان ما سوف تعكس أنويتهم الكبيرة هذه الحقيقة. وللغرابة فإنهم قد أصبحوا أيضا توائم متماثلة identical twins. فكل أب كون نواتين متماثلتين كل منهما أحادية العدد الكروموسومي وأعطى واحدة واحتفظ لنفسه بالأخرى. وعلى ذلك فعندما تنفصل الخليتان تكون أنويتهما الصغيرة ثنائية العدد الصبغى متماثلة. وعندما تبدأ التوائم عملية التكاثر اللاجنسي فانهم يسهمون معا في تكوين مجموعة متماثلة clone واحدة.

ليس هناك أي شيء بدائي أو بسيط في الحيوانات الأولية الهدبية. فمثل تلك الأشكال كالباراميسيوم ليست فقط كبيرة بالنسبة لخلية واحدة وانما يوجد بها أيضا الكثير من العضيات التي توازى في وظيفتها الأعضاء الموجودة في المخلوقات عديدة الخلايا.



الشكل ٣٣-٧. الإقتران في باراميسيوم كوداتم *Paramecium caudatum* هذه العملية تشبه الأنواع الأخرى من التكاثر الجنسي إذ أنها تسمح بالتهجين الوراثي. في هذه الحالة تكون الذرية الجديدة توائم متماثلة. بعد انفصال الخلايا بقليل تحل أنوية كبيرة جديدة تحمل مجموعة جديدة من الجينات محل الأنوية الكبيرة القديمة.

ولقد أدى التعقيد الموجود في الهدبيات ببعض علماء الأحياء إلى اعتبارهم كائنات لاخلوية acellular بدلا من كائنات وحيدة الخلية. وهم بذلك يريدون التأكيد على أن جسم الباراميسيوم أعقد في تنظيمه من أي خلية تتكون منها الكائنات عديدة الخلايا. وسواء كان هذا المفهوم صحيحا أم لا فان الحقيقة تبقى أن الهدبيات هي أعقد الحيوانات الأولية.

الدرجة العالية من التخصص في الهدبيات الحديثة قادت بعض علماء الأحياء إلى اقتراح أن الهدبيات تمثل نهاية خط تطوري. ومع ذلك فمن الممكن الدفاع عن الرأى القائل بان البعديات الحيوانية metazoans قد تطورت من الهدبيات الأولى. فاذا كان ذلك صحيحا فانه ينبغي نقل الهدبيات من مكانهم الغامض الحالي إلى منتصف مسرح التطور. في الباب السادس والثلاثين سوف نتناول الأسس التي بنيت عليها هذه النظرية.

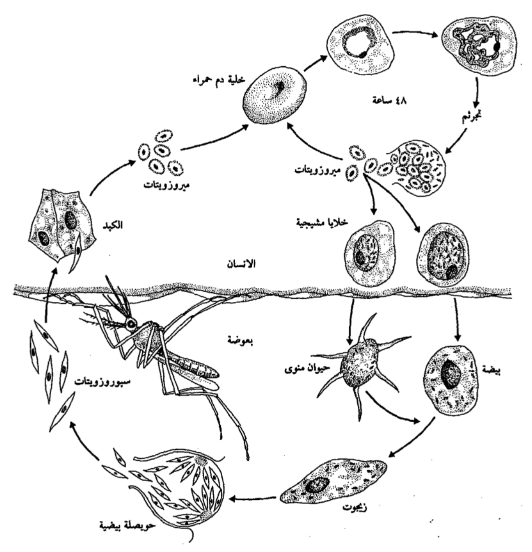
٣٣ـ٦ : الحيوانات الجرثومية (أو البوغية) THE SPOROZOANS
(شعبة الحيوانات الجرثومية) (PHYLUM SPOROZOA)

كل الحيوانات الجرثومية (أو البوغية) طفيلية . وهي تتغذى بامتصاص الغذاء من العائل وليست لها القدرة على الحركة في معظم (في بعض الحالات كل) مراحل دورة حياتها .

أشهر أفراد هذه الشعبة تنتمى إلى جنس بلازموديوم *Plasmodium*. هذه الحيوانات الجرثومة تغزو خلايا الدم الحمراء فتسبب الملاريا . وتتميز الملاريا بسمعة سيئة حيث أنها سببت وفيات في الأنسان أكثر من أي مرض معدى آخر وهي تنتقل من إنسان إلى آخر بواسطة البعوضة من جنس *Anopheles*.

دورة حياة البـلازموديوم معقدة للغاية (الشكل ٣٣ـ٨) . وأعراض المرض تسببها الميروزويتات merozoites التي تتكاثر لاجنسيا في خلايا الدم الحمراء للأنسان العائل . وتنطلق جميعا بصفة دورية من الخلايا مسببة نوبات البرد والحمى المميزة لهذا المرض . ويحدث ذلك كل ٤٨ ساعة في حالة النوع بلازموديـوم فيفاكس *Plasmodium vivax* (الشكل ٣٣ـ٨) وكذلـك مع النـوع بلازموديوم فلاسيبارم *Plasmodium flaciparum* وهما أخطر نوعين في هذه المجموعة . وفي النهاية تتحول بعض الميروزويتات إلى خلايا مشيجية Gametocytes مذكـرة أو خلايا مشيجيـة مؤنثة . وهذه سـرعان ما تمـوت إلا إذا إمتصتها بعوضة الأنوفيليس . ما أن تصل الخلايا المشيجية إلى معدة عائلها الجديد حتى تتحول إلى أمشاج gametes فاذا كان كل من الحيوان المنـوى sperm والبيضـة egg موجـودين فانهما يتحـدان لتكـوين الزيجوت zygote. يغزو الزيجوت جدار معدة البعوضـة وسرعان مـا ينتج آلاف الحيوانـات الجرثوميـة sporozoites (الشكل ٣٣ـ٨) وهي تهاجر إلى الغدد اللعابية مستعدة للحقن في عائل بشرى جديد . فاذا حدث ذلك فانها تنتقل إلى الكبد وتغزو خلاياه . هنا ينتج محصول أول من الميروزويتات بالتكاثر اللاجنسي وبعد ذلك تتحرك الميروزويتات إلى خلايا الدم الحمراء وتبدأ دورة جديدة من نوبة البرد والحمى .

معظم صور الملاريا مزمنة . فالكائن قد يتعايش مع عائله لسنوات . وبينما هو قابع في إحدى الخلايا الحمراء يكون محميا بالأجسام المضادة . ولكن عندما يغادرها لماذا لا



الشكل ٣٣ ـ ٨. دورة حياة بلازموديوم فيفاكس *Plasmodium vivax* ، أحد الحيوانات الجرثومية الذي يسبب واحدا من أكثر أنواع الملاريا إنتشارا . التحرر المتزامن للميروزويتا من خلايا الدم الحمراء يسبب نوبات البرد والحمى المميزة للمرض. في حالة بلازموديوم فيفاكس يحدث ذلك كل ٤٨ ساعة . يستطيع الكائن أن يبقى داخل الإنسان العائل لعدة سنوات ولكنه لايستطيع إكمال دورة حياته إلا اذا تمكن من التنقل بين الانسان والبعوض من جنس أنوفيليس Anopheies بالتبادل .

يقضى جهاز المناعة عليه؟ تماما كما في حالة التريبانوسومات فان الحيوانات الجرثومية تظل تغير من محددات الأنتيجينات بها وبذلك تتفادى أي هجوم فعال للأجسام المضادة .

٣٤-٧ : الطحالب حقيقية النواة : THE EUKARYOTIC ALGAE

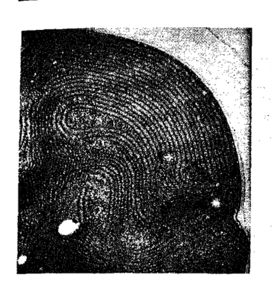
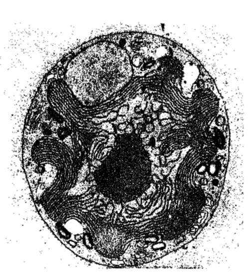
كلمة طحالب "algae" (مثل كلمة حيوانات أولية "protozoa") لم تعد مصطلح تصنيفي رسمى . وهي الآن مجرد اسم شائع لعدد من الكائنات البسيطة التي تحتوي على الكلوروفيل . ولأنهم يقومون بعملية البناء الضوئي فان أغلب علماء النبات يدعون أنهم من أفراد المملكة النباتية . وفي الحقيقة أن بعضهم يشبه النباتات فعلا ولكن الآخرين لايحملون إلا تشابهات سطحية فقط للكائنات التي نسميها بصفة عامة نباتات .

تعيش معظم الطحالب في المحيط ولكن هناك الكثير منها يعيش في المياه العذبة . بعضها وحيد الخلية والبعض ينمو كمستعمرات بسيطة . البعض يكون عديد الخلايا حقا ولكن فيه القليل جدا من تشكل الخلايا . وسوف ندرس ٦ شعب من الطحالب حقيقية النواة .

٣٣-٨ . الطحالب الحمراء : (شعبة الطحالب الحمراء)
THE RED ALGAE (PHYLUM RHODOPHYTA)

تكاد تكون مجموعة الطحالب الحمراء بحرية بالكامل . البعض منها وحيد الخلية ولكن معظمها يكون عديد الخلايا وينمو متشبثا بالصخور وأرصفة الموانىء وما إلى ذلك تحت مستوي المد المتوسط . وقد تم التعرف على حوالى ١٥٠٠ نوع منها .

تقوم الطحالب الحمراء بالبناء الضوئي مستخدمة كلوروفيل أ (بعض الأنواع يوجد بها نوع ثاني من الكلوروفيل يسمى كلوروفيل د ولكن لايوجد بها كلوروفيل ب) . ولكونها حقيقية النواة فانها تحفظ الكلوروفيل في بلاستيدة خضراء أو أكثر . ومع ذلك فنظام الأغشية في هذه البلاستيدات يشبه إلى حد كبير ذلك الموجود في خلايا الطحالب الخضراء المزرقة (الشكل ٣٣-٩) . التشابه بين الأثنين يمتد إلى الأصباغ كذلك . فالطحالب الحمراء مثل الطحالب الخضراء المزرقة تحتوي أيضا في أغشيتها البنائية الضوئية على الفايكوسيانين والفايكوارثيرين وهذه تعمل كأصباغ إستقبالية تنتقل منها الطاقة إلى كلوروفيل أ(أنظر القسم ٨-٧) . إذا كان هناك أي صحة في فكرة تطور البلاستيدات الخضراء لحقيقيات النواة من كائنات بدائية النواة داخلية التكافل (انظر

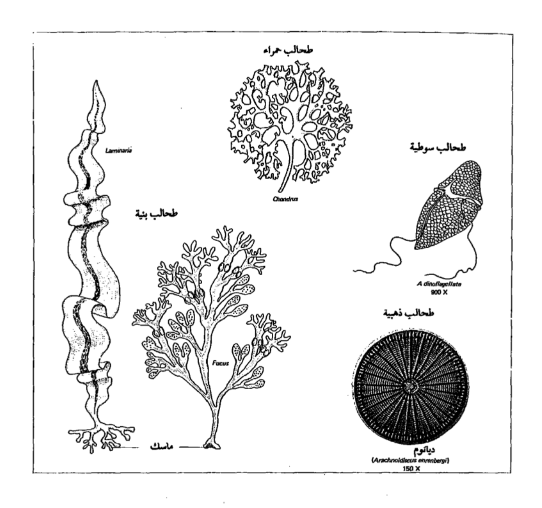
الشكل ٣٣-٩. الى اليسار: صورة بالمجهر الإليكتروني (٢٥٠٠٠ مرة) لأحد الطحالب الخضراء المزرقة (بتصريح من دكتور ج. كوهين - بازير). الى اليمين: بورفيريديوم *Porphyridium* وحيدة الخلية (صورة بالمجهر الإليكتروني، التكبير ١٠٠٠٠ مرة، بتصريح من دكتور اي. جنات). ترتيب الأغشية في البلاستيدة الخضراء الوحيدة بالطحلب الأحمر والأصباغ التي تحتوي عليها يختلف تماما عما هو موجود في حقيقيات النواة الأخرى التي تقوم بالبناء الضوئي ولكنها تشبه تماما تلك الموجودة في الطحالب الخضراء المزرقة بدائية النواة.

القسم ٣٣-٢) فان الطحالب الخضراء المزرقة هي بكل وضوح المرشحة لهذا الدور.

تختلف الطحالب الحمراء عن حقيقيات النواة في ناحية جوهرية فيبدو أنها لم تكتسب نمط السوط ٩ + ٢ الذي يميز كل الشعب الأخرى لحقيقيات النواة. بعض الطحالب الحمراء تستخدم كغذاء في المناطق الساحلية وخاصة في بلدان الشرق. الأجار agar الـذي إنتشر إستعمالـه كأسـاس لمزارع البكتيريا وكائنات أخرى يستخرج من أحد الطحالب الحمراء.

٣٣-٩: الطحالب السوطية: (شعبة الطحالب السوطية)
THE DINOFLAGELLATES (PHYLUM PYRROPHYTA)

تكاد تكون كل أنواع الطحالب السوطية (حوالي ٩٠٠ نوع) وحيدة الخلية. وتوجد فيهم بعض الصفات التي تبدو ذات طبيعة وسطية بين صفات بدائيات النواة والصفات الأكثر تقدما لحقيقيات النواة. فعلى سبيل المثال، لاتوجد هستونات في كروموسوماتهم



الشكل ٣٣-١٠ . عينة تمثل الطحالب من أربع شعب. (الصورة بتصريح من تيرتوكس).

والأنقسام غير المباشر فيهم أقل تعقيدا بكثير مما هو في حقيقيات النواة الأرقى. للطحالب السوطية النوع حقيقي النواة (٩ + ٢) من الأسواط. (اثنان في الواقع، أنظر الشكل ٣٣-١٠).

وبصرف النظر عن الأهمية العلمية، فان الطحالب السوطية تسبب لنا بعض القلق من وقت لآخر حينما تتكاثر بأعداد هائلة وتسبب ظاهرة المد الأحمر السام الذي قد يؤدى إلى قتل كميات ضخمة من الأسماك البحرية ويجعل الحيوانات البحرية التي تتغذى بترشيح الماء مثل المحار غير صالحة للأستهلاك الآدمى.

٣٣-١٠: الطحالب اليوجلينية: (شعبة الطحالب اليوجلينية)
THE EUGLENOPHYTES (PHYLUM EUGLENOPHYTA)

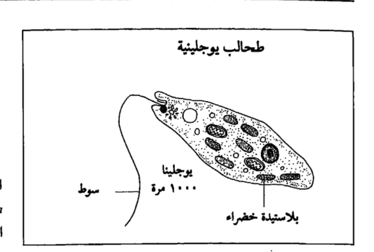
هذه السوطيات تقوم بالبناء الضوئي وليست محاطة بجدار خلوي صلب. اليوجلينا *Euglena* مثال نموذجي للمجموعة (التي يبلغ عدد أنواعها حوالي ٤٠٠). ونظرا لخلوها من الجدار الخلوي فان اليوجلينا تستطيع تغيير شكلها بسهولة. وهي تتحرك بسرعة بواسطة سوط طويل عند طرفها الأمامى (الشكل ٣٣-١١) اليوجلينيات يوجد بها كلوروفيل أ وكلوروفيل ب .

لولا وجود البلاستيدات الخضراء لما أمكن تمييز اليوجلينا عن أستاسيا *Astasia* (أنظر القسم ٣٣-٤). وفي الواقع إذا عوملت اليوجلينا بسترتبومايسين وتحطمت بلاستيداتها فان الناتج يكون عديم اللون وشاذ التغذية حتى إنك تستطيع أن تنسبه مباشرة إلى شعبة السوطيات. ربما كان الكثير من الحيوانات الأولية هو النتاج التطورى للفقد الذاتي للبلاستيدات الخضراء التي كانت موجودة في أسلافهم. وعلى أي الأحوال، فاننا بالتأكيد نكسر قواعد علم التصنيف بوضعنا لمثل تلك الكائنات في شعب منفصلة حينما لايكون هناك سوى مجرد وجود أو غياب الكلوروفيل للتمييز بينهم.

٣٣-١١: الطحالب الخضراء: (شعبة الطحالب الخضراء)
THE GREEN ALGAE (PHYLUM CHLOROPHYTA)

هذه الطحالب تشبه الطحالب اليوجلينية من حيث أصباغ البناء الضوئي (كلوروفيل أ وكلوروفيل ب). ولكن خلاياها تكون محاطة بجدار صلب من السيليلوز. بعضها يكون له أسواط (مثل الكلاميدوموناس *Chlamydomonas*) وحتى هؤلاء الذين لاأسواط لهم (مثل خس البحر *Ulva* تنتج أمشاج أو جراثيم ذات أسواط أو كليهما. وقد ترغب في دراسة دورة حياة الكلاميدوموناس وهو طحلب أخضر نموذجي وحيد الخلية (الشكل ٩-٦).

أمكن التعرف على حوالي ٦٥٠٠ نوع من الطحالب الخضراء. وبالأضافة إلى العديد من الأجناس وحيدة الخلية مثل كلاميدوموناس تضم هذه الشعبة أشكال كثيرة عديدة الخلايا ومستعمرات. ينمو سبيروجيرا *Spirogyra* كخيط أخضر من الخلايا

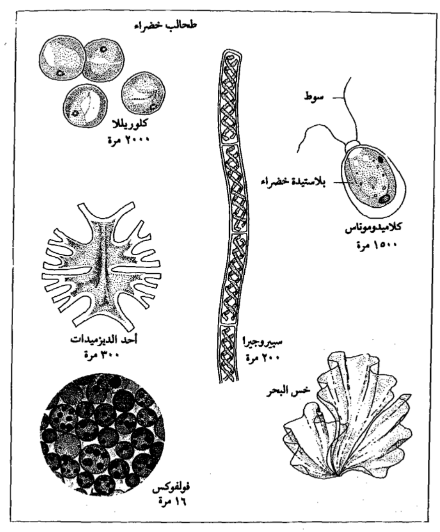


الشكل ٣٣-١١. اليوجلينا *Euglena*، أحد الطحالب اليوجلينية.

تعيش كل منها حياة مستقلة. وربما كان ينبغي إعتبار الفولفوكس *Volvox* وخس البحر *Ulva* أشكال عديدة الخلايا إذ أن الكرة الجوفاء للفولفوكس تشكل فرد واحد تماما كما تفعل الطبقة المزدوجة المفلطحة من خلايا خس البحر (الشكل ٣٣-١٢). ليس من السهل دائما رسم الخط الفاصل بين مستعمرات الخلايا المنفردة والكائن الواحد عديد الخلايا. وحتى في أولئك الأعضاء من هذه المجموعة الذين يبدو أنهم عديدوا الخلايا حقا فان الخلايا التي تتكون منها لاتتخصص في تكوين أنسجة أو أعضاء معينة.

الأسلوب الذي قد تكون الطحالب عديدة الخلايا أو التي تعيش في مستعمرات تطورت به من أسلاف وحيدة الخلية تؤيده سلسلة الأشكال ذوات الأسواط (الكلاميدوموناس، جونيم *Gonium* باندورانيا *Pandorina* يودورانيا *Eudorina* بليودورانيا *Pleodorina* والفولفوكس) التي درسناها في الباب الخامس (إرجع إلى الشكل ٥-٢٦). والقصة التي يبدو أنها ترويها هي أن المستعمرات نشأت عندما بقيت الخلايا البنوية الناتجة من الأشكال وحيدة الخلية ملتصقة ببعضها بعد الأنقسام غير المباشر. وعندما كبرت المستعمرات وصارت أكثر تعقيدا نشأ بين خلاياها بعض التخصص فأنتجت كائنات عديدة الخلايا حقا وفي النهاية ظهرت صور ضخمة مثل خس البحر.

الكثير من أعضاء هذه الشعبة الذين لا يتحركون ويشبهون النباتات في الشكل إلى حد كبير. فوجود جدار الخلية السيليلوزى وكلوروفيل أ وكلوروفيل ب هو من الصفات المميزة للنباتات ويوحى بأن الطحالب الخضراء هم أقرب البروتيستا إلى النباتات.



الشكل ٣٣-١٢ . عينة تمثل الطحالب الخضراء (الصورة بتصريح من تيرتوكس).

ويعتقد معظم علماء الأحياء أن المملكة النباتية قد تطورت من أوائل أعضاء هذه الشعبة.

للطحالب الخضراء أهمية كمصدر غذائي للعديد من الحيوانات الأولية والحيوانات المائية. طحب كلوريللا *Chlorella* وحيد الخلية لقى إهتماما كبيرا من علماء الأحياء سواء من حيث أنه الكائن الذي أمكن بواسطته تحديد الكثير من تفاصيل عملية البناء الضوئي أو من حيث أنه مصدر للغذاء في المناطق التي لاتجود فيها الزراعة التقليدية. فعندما يتم تسميد مصادر المياة بالفوسفات والنترات (من مجارى الصرف الصحى مثلا) فان الطحالب الخضراء التي تعيش في المياه العذبة غالبا تشكل نمو طحلبى ضخم.

٣٣-١٢ : الطحالب الذهبية : (شعبة الطحالب الذهبية)

THE GOLDEN ALGAE (PHYLUM CHRYSOPHYTA)

تكتسب الطحالب الذهبية لونها من أحد أشباه الكاروتينات Carotenoid لونه أصفر مائل إلى البني ويسمى فيوكوزانثين fucoxanthin. الكلوروفيل الموجود فيها هو كلوروفيل أ وكلوروفيل ج. معظم أفراد هذه المجموعة وحيد الخلية والكثير منها له أسواط . تضم هذه المجموعة حوالي ٥٣٠٠ نوع منها ٥٠٠٠ نوع من الدياتومات diatoms.

للدياتومات جدار خلوى أو صدفة مكونة من نصفين متراكبين. هذه الأصداف تكون مدعمة بالسيليكا وغالبا ما تكون بها أشكال زخرفية جميلة. في الواقع فان الزخارف الرقيقة لأصداف بعض الأنواع تستخدم كاختبار جيد لجودة عدسات المجهر (الشكل ٣٣-١٠).

تلعب الدياتومات دور هام في اقتصاديات الطبيعة. ففي كل من المياه العذبة والمحيطات فانها تقوم بجزء كبير من كل البناء الضوئي الذي يحدث ولذلك فهي مصدر حيوى للغذاء بالنسبة للعديد من البروتيستا عديمة اللون والحيوانات الصغيرة. وهذه بدورها تكون غذاء لغيرها من الحيوانات الأكبر. لذلك فان الدياتومات هم المنتجون الأساسيون للغذاء في البيئات المائية ويكفلون العديد من الكائنات الاخرى التي لاتقوم بالبناء الضوئي .

الأصداف الزجاجية للدياتومات لا تتحلل بعد موتها ويترتب على ذلك أنها قد تتراكم في طبقات عميقة في قاع المحيط حيث تكثر الدياتومات. في بعض الحالات ترتفع هذه الرواسب بعد عدة ملايين من السنين بفعل القوى الجيولوجية وقد حدث هذا في كاليفورنيا ويتم تعدين هذه الرواسب الآن تحت اسم الارض الدياتومية diatomaceus earth. هذه المادة تستخدم لترشيح السوائل وكذلك كمادة مانعة للصوت. والأعداد الكبيرة من هذه الأصداف الزجاجية الضئيلة تعمل كمادة كاشطة abrasive كما أن مساحيق إزالة النفايات وتلميع الأواني الفضية وما إلى ذلك غالبا تحتوي على أرض دياتومية .

تشكل الدياتومات فيما بينها مجموعة متجانسة بحيث أنه ربما كان ذلك سببا كافيا لفصلهم عن الطحالب الذهبية ووضعهم في شعبة خاصة بهم (وهي التي تسمى بشعبة الطحالب العصوية Bacillariophyta).

٣٣-١٣ : الطحالب البنية : (شعبة الطحالب البنية)

THE BROWN ALGAE (PHYLUM PHAEOPHYTA)

يحتوي أفراد هذه المجموعة (١٥٠٠ نوع) على الفيوكوزانثين الذي يخفي اللون الأخضر لكلوروفيل أ وكلوروفيل ج . وهم جميعا كائنات عديدة الخلايا تشبه النباتات إلى حد ما وتوجد بالكامل تقريبا في المياه المالحة . أعشاب الصخور التي تكون طبقات كثيفة على الصخور المعرضة لحالات المد المتغيرة (الشكل ٣٢-١٥) والحشائش البحرية Kelps (الشكل ٣٣-١٠) هي أفراد كبيرة وشائعة من هذه الشعبة . هناك بعض التخصص في أجزاء هذه الكائنات وقد يكون لها دورة حياة معقدة نوعا ما . بعض الحشائش البحرية العملاقة المنتشرة على ساحل المحيط الهادي قد تنمو حتى طول ٣٠ متر . على الرغم من حجمها الهائل فان التعضي في هذه الكائنات مايزال بسيطا للغاية مقارنة بالنباتات الحقيقية .

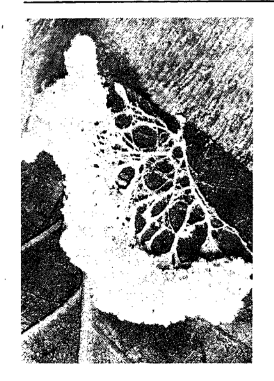
تستخدم الطحالب البنية كغذاء في بعض المناطق الساحلية في العالم وتستغل في الولايات المتحدة كمصدر للأسمدة واليود .

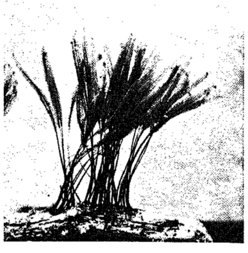
٣٣-١٤ : الفطريات الهلامية : (شعبة الفطريات الهلامية)

THE SLIME MOLDS (PHYLUM MYXOMYCETES)

أفراد هذه المجموعة لهم إسم شائع هو الفطريات الهلامية لأنها تأخذ شكل كتلة هلامية منتشرة في إحدى مراحل دورة حياتها .

في الفطريات الهلامية البلازمودية plasmodial (مثل ستيمونتيس *Stemonitis* ـ الشكل ٣٣-١٣) تحتوي الكتلة الهلامية والمسماه بلازموديوم plasmodium على آلاف الأنوية . يتحرك البلازموديوم ببطء على سطح المادة التي يتغذى عليها (مثل لوح خشبي متعفن) وفي النهاية ينتج البلازموديوم أعناق معقدة تنتج وتطلق الجراثيم (الشكل





الشكل ٣٣-١٣. ستيومونيتس *Stemonitis*. فطر هلامى بلازمودي شائع. الى اليسار: مرحلة البلازموديوم قبيل تكوين الحوافظ الجرثومية. (بتصريح من الاستاذ آي. ك. روس). الى اليمين: حوافظ جرثومية كاملة التكوين (بتصريح من تيرتوكس).

٣٣-١٣). إذا سقطت الجراثيم في موقع مناسب فانها تنبت وتعطى خلايا مفردة تتحرك بواسطة الأسواط والأقدام الكاذبة معا. ثم تتحد مع بعضها في أزواج وتبدأ في تكوين بلازموديوم جديد.

في الفطريات الهلامية الخلوية cellular تتجمع الالاف من الخلايا التي تشبه الأميبا لتكوين كتلة هلامية. ليس هناك إندماج بين الخلايا وتنجذب الخلايا المتجمعة إلى بعضها البعض بواسطة AMP الحلقى (الشكل ٢٧-١٢) الذي تفرزة. في دورة حياة هذه الكائنات الغريبة مراحل تكون فيها وحيدة الخلية، عديدة الخلايا، وشبيهة بالفطريات (الجراثيم) وشبيهة بالأميبا. وهذا الخليط من الصفات يكسبهم أهمية علمية بالغة. باستثناء نوع واحد يسبب مرض الجرب الدقيقي في البطاطس powdery scab ليس لهذه الكائنات إلا أهمية اقتصادية قليلة.

بينما تشترك دورات الحياة للفطريات الهلامية في تشابهات كثيرة فقد يكون من الحكمة وضع الفطريات الهلامية البلازمودية في شعبة (Myxomycetes)

والفطريات الهلامية الخلوية في شعبة أخرى (Acrasiomycetes).

مملكة الفطريات : THE KINGDOM FUNGI

٣٣-١٥ : المميزات CHARACTERISTICS

معظم حقيقيات النواة هذه تنمو على هيئة خيوط أنبوبية تسمى الهيفات hyphae والكتلة المتشابكة من الهيفات تسمى الغزل الفطرى mycelium. الهيفات هي مدمجات خلوية coenocytic أي أنها غير مقسمة إلى خلايا منفصلة. وعلى الرغم من وجود جدر عرضية في بعض الهيفات الا أن هذه الجدر تكون مثقبة بحيث يكون السيتوبلازم والانوية العديدة حرة في التنقل بين كل أجزاء الغزل الفطري. جدر الهيفات تكون مدعمة بمادة الكيتين chitin وهو بوليمر من مادة (NAG N-acetylglucosamin أنظر القسم ٣٢-٢). الترابط بين وحدات السكر (الشكل ٣٣-١٤) يشبه الترابط الموجود في السيليلوز (الشكل ٤-١٤) والبيبتيدوجلايكان (الشكل ٣٢-٢) وله نفس نوع الصلابة الموجودة في هذه البوليمرات.

لاتحتوي الفطريات على كلوروفيل ومن ثم فهي شاذة التغذية. وهي تحصل على غذائها بامتصاص جزيئات الغذاء من الوسط المحيط بها (غالبا بعد أن تكون قد قامت بهضمها وذلك عن طريق إفراز إنزيمات التمميوء التي تعمل خارج الخلية). وقد تستمد غذاءها من مصادر مثل التربة الغنية، المنتجات الغذائية المصنعة، وأجسام النباتات والحيوانات (وسواء الميتة أو الحية). أما الذين يعيشون داخل عائل حي فقد يؤدون شيئا للعائل في مقابل الوجبة التي تناولوها - مثل مساعدة نبات في الحصول على الأملاح المعدنية من التربة ولكن الأغلب أنهم يحطمون عائلهم. إختفاء الكستناء الأمريكي (وربما تبعه الدردار الامريكي) والخسائر الناجمة عن صدأ القمح والمرض الجلدى الذي يسمى قدم الرياضى athlete's foot ليست إلا أمثلة قليلة للدمار الذي تسببه الفطريات الطفيلية. ولكن ذلك يجب ألا يجعلنا لانرى الدور الرئيسي الذي تلعبه الفطريات في تحلل الكائنات الميتة واطلاق المواد المغذية منها لكى يعاد إستعمالها من قبل الأحياء الأخرى.

توسع الفطريات دائرة إنتشارها باطلاق الجراثيم. في بعض الأنواع المائية تسبح هذه

الشكل ٣٣-١٤. التركيب الجزيئي للكايتين. الوحدات التركيبية هي ن - استيايل جلوكوزامين الروابط تشبة تلك الموجودة في السيليلوز (انظر الشكل ٤-١٤). الكايتين هو ايضا العنصر التركيبي الرئيسي في الهياكل الخارجية للمفصليات.

الجراثيم بواسطة أسواط. ولكن جراثيم الفطريات العديدة التي تعيش على الأرض تحملها الرياح. وهي خفيفة الوزن ويتم إنتاجها بأعداد هائلة حتى أنها تكون موجودة في كل مكان تقريبا. ولقد تم العثور على جراثيم فطر صدأ القمح على بعد ٤٠٠٠ متر في الهواء وأكثر من ١٤٥٠ كم (٩٠٠ ميل) من المكان الذي أطلقت منه.

أمكن التعرف على حوالي ٣٠,٠٠٠ نوع من الفطريات: وقد جرت العادة على تصنيف هذه الفطريات في أربع مجموعات تصنيفية مبنية أساسا على نوع الجراثيم التي تنتجها. هذه المجموعات هي: الفطريات الطحلبية، الفطريات الزقية، الفطريات البازيدية، والفطريات الناقصة.

٣٣-١٦: الفطريات الطحلبية: THE PHYLUM PHYCOMYCETES

تستمد هذه المجموعة اسمها من الكلمة اليونانية phyco بمعنى عشب بحرى. وفي الواقع فان بعض هذه الفطريات يكون مائيا والبعض الآخر ليس كذلك. أما الأنواع المائية فعادة تسمى فطريات الماء وهي تنتج جراثيم و/أو أمشاج ذوات أسواط.

فطريان مائيان شائعان هما سابروليجنيا *Saprolignia* وأكليا *Achlya*. طريقة مضمونة للحصول على هذه الكائنات للدراسة هي إسقاط بضع حبوب أرز مغلي في وعاء به ماء بركة وفي خلال أيام قليلة يمكن مشاهدة غزل فطري حول الحبوب يمتد منها إلى الماء.

عدد من الفطريات المائية له قيمة اقتصادية. واحد من أنواع جنس سابروليجنيا يتطفل على الأسماك ويمكن أن يسبب مشاكل خطيرة في مزارعها. البياض الزغبي downy mildew الذي يصيب العنب وغيره من المحاصيل تسببه فطريات مائية. ولكن

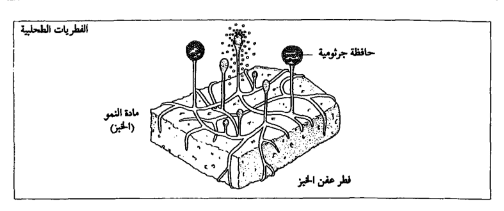
من المؤكد أنه لايوجد فطر مائي يسبب متاعب اقتصادية مثل ما سببه الفطر فايتوفثورا انفستانس *Phytophthora infestans* الذي يسبب الندوة المتأخرة late blight في البطاطس. ففي عام ١٨٤٥ وعام ١٨٤٦ كان مسئولا عن التخريب الكامل لمحصول البطاطس في أيرلنده وما نجم عن ذلك من المجاعة الأيرلندية الكبري في أعوام ١٨٤٥-١٨٦٠ بسبب غياب المصدر الأساسي للسعرات. وخلال هذه المدة مات ما يقرب من مليون شخص جوعا وهاجر عدد أكبر من ذلك بكثير إلى العالم الجديد. وفي نهاية هذه الفترة تسبب الموت والهجرة في نقص عدد السكان في أيرلنده من تسعة ملايين إلى أربعة ملايين.

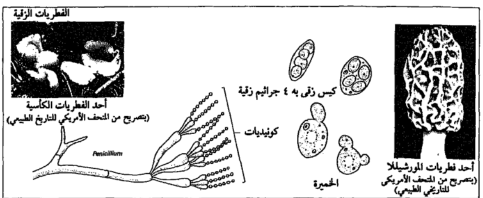
ليس للفطريات الطحلبية الأرضية جراثيم متحركة ولا أمشاج. تنتشر الجراثيم بواسطة تيارات الهواء والعضو النموذجي التقليدي لهذه المجموعة هو جنس ريزوبس *Rhizopus*. (الشكل ٣٣-١٥). فعلى الرغم من أن النوع *Rhizopus stolonifer* يسبب عفن الخبز من حين لآخر إلا أن الأنواع الأخرى من هذا الجنس تعوض وزيادة ما يسببه من تلف. فالنوع *Rhizopus oryzae* يستخدم في تخمر الساكي وهو نبيذ الأرز في بلاد المشرق. كما يستغل جنس الريزوبس كذلك في الأنتاج الأقتصادي للجلوكوكورتيكويدات (أنظر القسم ٢٧-١١).

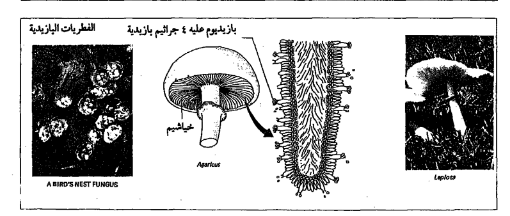
ينتسب الفطر إلى شعبة الفطريات الطحلبية لسببين: (١) تكوين الجراثيم داخل حافظة جرثومية sporangium (الشكل ٣٣-١٥)، (٢) عدم وجود جدر فاصلة داخل الهيفات. قد يكون هذين السببين كافيين لتحديد درجة القرابة ولذلك فان معظم علماء الأحياء الآن ينسبون الأنواع الأرضية مثل الريزوبس إلى شعبة الفطريات التزاوجية Zygomycetes بينما ينسبون فطريات الماء مثل الأكليا وسابروليجنيا إلى شعبة الفطريات البيضية Oomycetes كما أن البعض قد أنشأ شعب اضافية لوضع فطريات مائية أخرى فيها.

٣٣-١٧: شعبة الفطريات الزقية THE PHYLUM ASCOMYCETES

الفطريات الزقية تنتج نوعين من الجراثيم. الجراثيم الناتجة لاجنسيا تسمى كونيديا conidia وتنشأ في سلاسل عند أطراف الهيفات (الشكل ٣٣-١٥). هذه الجراثيم تكافىء الجراثيم التي تنتجها الفطريات الطحلبية في حوافظ جرثومية. النوع الثاني من







الشكل ٣٣-١٥ . عينة تمثل الفطريات .

الجراثيم ينتج من التكاثر الجنسي. أربعة أو ثمانية من هذه الجراثيم المسماه بالجراثيم الزقية ascospores تتكون داخل كيس زقي ascus. وقد درسنا تاريخ حياة فطر نيوروسبورا *Neurospora* في الباب الثالث عشر وهو مثال للفطريات الزقية.

تلعب الفطريات الزقية أدواراً هامة في حياتنا. فمن ناحية الخسائر فانها تهاجم

الكثير من النباتات النافعة. فطريات البياض الزغبي التي تنتمي لهذه المجموعة تتطفل على أنواع عديدة من المحاصيل ونباتات الزينة. وندوة الكستناء يسببها فطر زقي. ولقد محا هذا الفطر تماما من بلدنا * الأشجار التي كانت حتى بضع عشرات من السنين تشكل أهم الأشجار في غاباتنا. مرض الدردار الهولندي Dutch elm disease يسببه فطر زقي كذلك ويبشر بتكرار نفس الشيء مع أشجار الدردار الأمريكي الضخمة.

من ناحية الفوائد فالفطر الزقي بنيسيليوم *Penicillium* ينتج المضاد الحيوى المنقذ المسمى بنسلين. وأنواع أخرى من نفس الجنس تستغل في إنتاج الجبن الكاممبرتي والجبن الروكفورت. فطر الموريل ذو المذاق الطيب والذي يظنه الكثيرون من مجموعة عيش الغراب mushroom هو في الواقع فطر زقي (الشكل ٣٣ـ١٥). كما هو الحال أيضا مع فطر الكمأة truffle الذي يعتبره البعض من أفضل الأطعمة في العالم (الشكل ٣٣ـ١٦).

أنواع الخميرة هي أعضاء وحيدة الخلية في هذه المجموعة. ولها قيمة اقتصادية هائلة ليس فقط كمصدر للمشروبات الكحولية (البيرة والنبيذ . . . إلخ) ولكن كمصدر للكحول المستخدم في الأغراض الصناعية. يستغل نفس التفاعل أيضا في صناعة الخبز ولكن الناتج المرغوب هنا هو الغاز المتصاعد وليس الكحول. ثاني أوكسيد الكربون يجعل الخبز والكعك يعلو ويكسبه ملمسا مساميا مستساغا ويتبخر الكحول الذي تنتجه الخميرة أثناء عملية الخبز. وتستغل الخميرة أيضا في الأنتاج التجاري للفيتامينات.

٣٣ـ١٨ : شعبة الفطريات البازيدية THE PHYLUM BASIDIOMYCETES

تنتشر فطريات هذه الشعبة بواسطة جراثيم محمولة عند أطراف تراكيب صولجانية الشكل تسمى البازيديومات basidia (الشكل ٣٣ـ١٥). تضم هذه الشعبة فطريات عيش الغراب mushrooms والفطريات الرفية shelf fungi والكرات النافخة puffballs وفطريات الصدأ rusts وفطريات التفحم smuts.

فطر عيش الغراب المألوف ليس إلا جزءا من جسم الفطر فالجزء الأكبر من الغزل الفطري ينمو تحت سطح التربة ولايرسل الفطر هذه الأجزاء إلى مافوق سطح الأرض

* الولايات المتحدة الأمريكية.



الشكـل ٣٣-١٦. مزارع من بيريجور Perigord (في جنوب غرب فرنسا) يبدي اعجابة بالكمأة. فطريـات الكمـأة من الفطريات الزاقية التي تقيم علاقة تكافلية مع جذور اشجار مثل البلوط. (بتصريح من الوكالة الصحيفة للسفارة الفرنسية زـ مركز المعلومات الأمريكي نيويورك).

إلا عنـدمـا تكون الظروف مواتية لذلك. وعيش الغراب ليس إلا كتل من الهيفات المتداخلة وتنشأ البازيوديومات على السطح السفلي وتطلق الجراثيم (٤ من كل بازيديوم) في الهواء.

للفـطريات البازيدية أهمية اقتصادية كبيرة لنا. ففطريات عيش الغراب تستعمل كثيرا كغذاء وزراعتها محل إهتمام كبير. فالكثير من فطريات عيش الغراب البرية صالح للأكل ولكن ما لم يتعلم المرء كيف يميز بين أنواعها فانه يفضل تركها وشأنها. فالقليل من الأنواع مثل *Amanita muscaria* سام جدا.

على الرغم من أن بعض الفطريات البازيدية صالحة للأكل فانها لا يمكن أن تعوض الخسائر التي يسببها أبناء عمومتها من فطريات الصدأ وفطريات التفحم في الأغذية.

وفطريات الصدأ بصفة خاصة تكون مسئولة عن خسائر خطيرة في محاصيل هامة مثل القمح والشعير والشيلم .

بعض فطريات الصدأ لها دورة حياة معقدة . ففطر صدأ القمح لا يتطفل فقط على القمح وانما يتطفل كذلك على نبات البربري . وحيث يكون الشتاء باردا لايستطيع فطر الصدأ أن يكمل دورة حياته إلا إذا غزا نبات القمح ونبات البربري بالتناوب . وهو ينتج ٤ أنواع مختلفة من الجراثيم أثناء هذه العملية ولقد حدثت محاولات لابادة نبات البربري في مناطق إنتاج القمح كوسيلة لمكافحة مرض الصدأ .

أشجار الصنوبر الأبيض يهاجمها فطر الصدأ البثري في الصنوبر الأبيض فيقتلها . هذا الصدأ يحتاج الى عائل مناوب هو الكشمش gooseberry أو الشجيرات البرية ذوات الثمار العنبية من أجل إتمام دورة حياته وفي المناطق التي يكون فيها الصنوبر الأبيض مصدر هام للخشب أو كأشجار زينة فانه غالبا ماتكون زراعة العائل الثاني لهذا الصدأ ممنوعة .

٣٣-١٩ : الفطريات الناقصة : (شعبة الفطريات الناقصة)

THE FUNGI IMPERFECTI (PHYLUM DEUTEROMYCETES)

يمكن تمييز الفطريات الزقية والفطريات البازيدية بواسطة الجراثيم الجنسية التي ينتجونها، وهي الجراثيم الزقية في المجموعة الأولى والجراثيم البازيدية في المجموعة الثانية ومع ذلك فالكثير من هذه الفطريات لا يستطيع إنتاج جراثيم إلا إذا تلاقت سلالتان مختلفتان تعملان كأبوين . وهناك عدة آلاف من الفطريات التي لم يعرف منها الا سلالة واحدة فقط أو تفشل في التكاثر الجنسي لأي سبب آخر . في هذا الموقف لا توجد وسيلة لتحديد ما إذا كان الفطر زقيا أو بازيديا . ولذلك يوضع في مجموعة خاصة (سلة مهملات) هي الفطريات الناقصة . الطفيليات التي تسبب القوباء الحلقية ringworm ومرض قدم الرياضى في الأنسان تم تصنيفهما على هذا النحو . ومن المهم أنه عندما يتم اكتشاف الطور الجنسي لأحد هذه الفطريات فانه يعاد تصنيفه في الحال ، عادة إلى الفطريات الزقية .

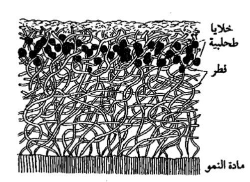
٣٣ـ٢٠ : الأشــن : THE LICHENS

الأشن ليست كائنـات مفـردة بالمرة ولكنها كائنات مركبة تتكون من غزل فطرى تنغمس فيه خلايا طحلبية (الشكـل ٣٣ـ١٧). في بعض الأشن يكـون الفـطر من الفـطريات البـازيدية أو الفـطريات الناقصة، لكن في الغالبية يكون الفطر زقيا أما الطحلب فهو اما أن يكون أخضر أو أخضر مزرق ودائما وحيد الخلية. وعلى الرغم من أن الأشن تعطي أسماء علمية كما لو كانت كائن واحد إلا أنه من الأفضل أن نفكر في الأسم على أنه للفطر ثم يتم بعد ذلك تحديد الشريك الطحلبي منفصلا إذا ما رغبنا في ذلك. وقد تم التعرف على حوالي ١٨٠٠٠ نوع من الأشن حتى الآن.

بعض الطحالب الموجودة في الأشن (مثل النوستوك) تنمو مستقلة في الطبيعة وعلى النقيض من ذلك فان كل الفطريات الموجودة في الأشن تقريبا لاتوجد إلا في الأشن رغم أنه يمكن زراعتها في المعمل.

معظم الأشن توجد في مناطق بها وفرة من المواد العضوية التي تصلح كغذاء وعلى العكس من ذلـك فان الفـطريات التي توجـد في الأشن تسـتطيع العيش في أقصى الظروف البيئية. فبعض الأشن ينمو بغزارة على أسطح الصخور (الشكل ٣٣ـ١٧). والأشن تكـون من العـلامات البارزة في الكساء النباتي في القطب الشمالي والقطب الجنوبي. ما الذي يجعل الفطريات قادرة على النمو في مثل هذه الأماكن؟ انه بلا شك شريكهـا الـطحلبـي . وبـاستخـدام بيكربونات الصوديوم المشعة ($NaH\ ^{14}CO_3$) يمكن توضيح أن الجزء الأكبر من السكر الذي ينتجه الطحلب بالبناء الضوئي ينتقل إلى الفطر. إذا كان الشريك الطحلبي أخضر مزرق فان النتروجين الذي يقوم بتثبيته يهبه إلى الفطر أيضا. وماذا يتلقى الطحلب في المقابل؟ بينما يوجد الكثير من التخمين حول هذا الموضوع فلم يتم إثبات أي فائدة حتى الآن.

انتشار الأشن كذلك لايزال غير مفهوم حتى الآن. فالفطر ينتج جراثيم تذروها الرياح ولكنها لاتكون مصحوبة بالطحلب. وربما تلاقت هذه الجراثيم مع الطحلب المناسب بالصدفة عند هبوطها في مكان جديد ولكن ذلك يبدو مستبعدا. وربما تحقق إنتشار الأشن عندما تنفصل قطع من الأشنة تحتوي على الفطر والطحلب معا وتنتقل إلى مواقع جديدة.





الشكل ٣٣-١٧. الى اليسار: أشنة شائعة تنمو على الصخور. الى اليمين: تركيبها الداخلي.

للأشن أهمية في اقتصاديات الطبيعة لأنهم من أوائل الكائنات التي تحتل البيئات القاسية حديثة النشأة. الصخور التي تنكشف نتيجة لتقهقر الجليد والإنزلاقات الأرضية وما إلى ذلك سرعان ماتنمو الأشن عليها. وكلما ماتت وتحللت أجزاء من أجسام الأشن نتجت المادة العضوية أو الدوبال. ومع مرور الوقت قد يتراكم ما يكفي من التربة في شقوق الصخور بحيث تستقر بعض النباتات مثل الحزازيات وفي نهاية المطاف ينشأ كساء نباتي غني فيما كان يوما ما منطقة قاحلة.

ملخص الباب: CHAPTER SUMMARY

وصفنا في هذا الباب مجموعتين (مملكتين) رئيسيتين هما البروتيستا والفطريات والبروتيستا والفطريات من حقيقيات النواة وخلاياهما تحتوي على أنوية ذوات أغشية وميتوكوندريا وتوجد بلاستيدات خضراء في البروتيستا التي تقوم بالبناء الضوئي. والميتوكوندريا والبلاستيدات الخضراء تحتوي على الحمض DNA الخاص بها وكذلك على الالية اللازمة لنسخه وترجمته إلى بعض (وليس كل) البروتينات التي تستخدمها هذه العضيات.

تضم البروتيستا شعب عديدة من الكائنات. هذه الكائنات إما أن تكون وحيدة الخلية أو إن كانت عديدة الخلايا فهي تتركب من أنواع قليلة من الخلايا. هذه المجموعة تضم أربع شعب من الحيوانات الأولية وست شعب من الطحالب. كل الطحالب تحتوي على بلاستيدات خضراء بينما لاتحتوي الحيوانات الأولية على بلاستيدات خضراء. ومع ذلك فهناك حيوانات أولية تشبة طحالب معينة من عدة نواحى أخرى وربما كانت العلاقة بينهم أوثق مما يوحى به فصلهم في شعب مستقلة.

وبسبب قيام الطحالب بالبناء الضوئي - وخاصة الطحالب الكبيرة غير المتحركة - فقد كانت تصنف مع النباتات. ومع ذلك فان الطحالب الخضراء فقط هي التي لها علاقة تطورية وثيقة بالنباتات.

تنمو معظم الفطريات كخيوط أنبوبية تسمى الهيفات والفطريات دائما شاذة التغذية حيث تحصل على غذائها إما بالترمم أو بالتطفل.

الأشن كائنات مركبة إذ أنها تتركب من فطر يعيش في تجمع لصيق مع طحلب وحيد الخلية - إما أخضر أو أخضر مزرق.

تمارين ومسائل : EXERCISES AND PROBLEMS

١ ــ لخص الدليل الذي يؤيد نظرية التكافل الداخلي لتطور حقيقيات النواة. ما هي الاليات البديلة التي قد تكون حقيقيات النواة نشأت بها؟
٢ ــ هل تظن أن كل الكائنات الموجودة حاليا على الأرض قد نشأت من صورة واحدة أولية للحياة؟ ما هي الأدلة التي تؤيد ذلك؟ وما هي الأدلة التي تناقضه؟
٣ ــ لخص الصفات التي تشبه صفات الحيوانات وتلك التي تشبه صفات النباتات في اليوجلينا.
٤ ــ ما هي المواد المستمدة من الفطريات الزقية والتي تهم الانسان؟

المراجع REFERENCES

1 - MARGULIS, LYNN, "Symbiosis and Evolution," Scientific American. Offprint No. 1230, August, 1971. One of its chief proponents examines the hypothesis that mitochondria, chloroplasts, and flagella have all evolved from prokaryotic endosymbiosis.

2 - GOODENOUGH, URSULA W., and R. P. LEVINE, "The Genetic Activity of Mitochondria and Chloroplasts," Scientific American, Offprint No. 1203, November, 1970. and how it resembles that of the prokaryotes.

3 - LEEDALE, G. F., The Euglenoids, Oxford Biology Readers, No. 5, Oxford University Press, Oxford, 1971.

4 - CURTIS, H., The Marvelous Animals: An Introduction to the Protozoa.The Natural History Press, Garden City, N. Y., 1968.

5 - ALEXOPOULOS, C. J., and H. C. BOLD, Algae and Fungi, Macmillan, New York, 1967. A compact survey.

6 - SMITH, D. C., The Lichen Symbiosis, Oxford Biology, No. 42, Oxford University Press, Oxford, 1973.

CHAPTER 34 الباب الرابع والثلاثون

THE PLANT KINGDOM المملكة النباتية

THE GEOLOGICAL ERAS	٣٤-١ : الحقب الجيولوجية
THE EVOLUTION OF PLANTS	٣٤-٢ : تطور النباتات
THE MOSSES AND LIVERWORTS	٣٤-٣ : الحزازيات القائمة والمنبطحة
(PHYLUM BYOPHYTA)	(شعبة الحزازيات)
THE VASCULAR PLANTS	٣٤-٤ : النباتات الوعائية
(PHYLUM TRACHEOPHYTA)	(شعبة النباتات الوعائية)
SUBPHYLUM PSILOPSIDA	تحت شعبة السيلوبسيدا
SUBPHYLUM LYCOPSIDA	تحت شعبة لايكوبسيدا
SUBPHYLUM SPHENOPSIDA	تحت شعبة سفينوبسيدا
SUBPHYLUM PTEROPSIDA	تحت شعبة تيروبسيدا
ADAPTATIONS OF ANGIOSPERMS	٣٤-٥ : الأقلمة في كاسيات البذور
CHAPTER SUMMARY	ملخص الباب
EXERCISES AND PROBLEMS	تمارين ومسائل
REFERENCES	المراجع

الباب الرابع والثلاثون
المملكة النباتية

٣٤-١ : الحقب الجيولوجية THE GEOLOGICAL ERAS

حفريات بدائيات النواة القديمة وحقيقيات النواة نادرة جدا ولا يمكن أن نكتشف كائنات حفرية متنوعة قبل أن نفحص صخور رسوبية يبلغ عمرها حوالي ٦٠٠ مليون سنة أي عند بدء العصر القديم. وهذا يعني أنه خلال أكثر من أربعة أخماس المدة الطويلة التي كانت فيها حياة على الأرض فانها تركت أثرا قليلا يدل على وجودها. ومنذ هذا الزمان فان السجل التطوري للحياة قد حفظ بصورة جيدة.

ينقسم التاريخ الجيولوجي والبيولوجي للحياة منذ بدء ظهور الحفريات بكثرة إلى ثلاثة عصور رئيسية (الشكل ٣٤-١) وينقسم كل من هذه العصور إلى عدة أزمنة. وقد يبدو غريبا لأول وهلة أن تتوافق التغيرات الجيولوجية الهامة في الأرض مع التغيرات في الأنواع الموجودة. ولكن لا تنس أن التغير في الجيولوجيا (مثل تكوين الجبال وإنخفاض مستوي سطح البحر) يحدث تغيرات في الطقس وأنها معا يحدثان تغير في البيئة المتاحة للكائنات الحية. ومن المؤكد أن قوي الأنتخاب الطبيعي قد تغيرت عندما تغيرت جيولوجية الأرض. وكما ترى في الشكل ٣٤-١ فان تواريخ الأدوار periods المختلفة ليست معروفة على وجه الدقة فالقليل فقط من الصخور (مثل صخور الدور البرمى المبكر early permian) تحتوي على كمية من اليورانيوم تكفي لتحديد تاريخه. أما الباقون فلابد من تحديد تاريخهم على أساس السمك النسبي لكل منهم وهتي طريقة أقل ما توصف به أنها غير مؤكدة.

الشكل ٣٤-١ . تاريخ الحياة كما يكشف عنه سجل الحفريات .

الحقب	الأدوار	العصور	الحياة المائية	الحياة الأرضية
مع التواريخ التقريبية للبدء بملايين السنين				
الحديث ٦٣ ± ٢	الرباعي ٥ر٠ - ٣ الثلاثي ٦٣ ± ٢	الحديث البلستوسين البليوسين الميوسين الأوليجوسين الايوسين	تكوين المثالج دورياء استمرار ازاحة القارات كل المجموعات الحديث موجودة	الانسان في العالم الجديد الأنسان الأول أشباه الانسان والبونجيد النسانيس وأسلاف القردة الأقلمة الشعاعية للطيور الثدييات الحديثة وكاسيات البذور الخشبية
		مازالت أمريكا الشمالية متصلة بشمال أوروبا،وأستراليا متصلة بالقارة القطبية الجنوبية		
المتوسط ٢٣٠ ±	الكريتاسي ١٣٥ ± ٥ (الطباشيري) الجوراسي ١٨٠ ± ٥ الترياسي ٢٣٠ ± ١٠	عصر الزواحف	الأسماك العظمية الحديثة اندثار الأمونيتات والبليوصورات والاكثيوصورات تأخذ أفريقيا وأمريكا الجنوبية في التباعد تزايد البليوصورات والاكثيوصورات، مرة أخرى تتزايد الأمونيات، كثرة الأسماك العظمية وأسماك السفن انفصال البانجيا الى قارة لوراسيا وقارة جوندوانا أول البليوصورات والاكثيوصورات الأمونيتات كثيرة في البداية ظهور الأسماك العظمية	اندثار الداينوسورات والنيروصورات ظهور كاسيات البذور الخشبية والأفاعي الداينوصورات سائدة، أول سحالي كثرة الحشرات، أول كاسيات البذور الانتشار الشعاعي للزواحف (ثيكودونتات)، ثيرابسيدات، السلاحف، التماسيح وأول الدينوصورات)، أول الثدييات .
		تكوين جبال الأبالاش، تكوين المثالج والمناخ الجاف دوريا		
	البرمي ٢٨٠ ± ١٠		اندثار ثلاثيات الفصوص والبلاكودرمات	كثرة الزواحف (الكوتيلوصورات والبليوصورات). النباتات السيكادية والمخروطيات ومجموعة شجرة المعبد.

	البنسلفاني ١٠ ± ٣١٠	الكربــــوني	الجو الدافئ الرطب الأمونيتات ، الأسماك العظمية	أول الزواحف ، مستنقعات فحمية
	الميسيسبي ١٠ ± ٣٤٥	الكربــــوني	الانتشار الشعاعي لأسماك القرش	غابات من اللايكوبسيدا والسفينوبسيدا والسرخسيات البذرية ، كثرة البرمائيات . القواقع الأرضية .
القديم ٦٠٠ ± ٥٠	الديفوني ٤٠٥ ± ١٠	عصر الأسماك	الجو جاف بصورة دورية البلاكودرمات، الأسماك الغضروفية والعظمية الأمونيتات ، النوتيلويدات	السرخسيات، اللايكوزبسيدا، السفينوبسيدا . أول عاريات البذور والحزازيات، أول الحشرات أول البرمائيات .
	السيلوري ٤٢٥ ± ١٠		بحار داخلية واسعة الانتشار الشعاعي للأستروكودرمات واليوريتريدات	أول النباتات الأرضية (السيلوبيدا) ، العنكبيات (العقارب)
	الأوردوفيشي ٥٠٠ ± ١٠		جو معتدل وبحار داخلية أول الفقاريات (الأوستراكودرمات) النوتيلودات بيلينا ورخويات أخرى كثرة ثلاثيات الفصوص جو معتدل ، بجار داخلية	لا يوجد
	الكمبري ٦٠٠ ± ٥٠		كثرة ثلاثيات الفصوص. أول اليوريتريدات والقشريات الرخويات، الجلدشوكيات، الاسفنجيات، اللواسع، الحلقيات . التيونيكات . تكوين المثالج دوريا	لايوجد
ما قبل الكمبري ٣٠٠٠			الحفريات نادرة ولكن ربما كان الكثير من شعب البروتيستا واللافقاريات موجودا	لا يوجد

وفي خلال مناقشتنا لتاريخ التغيرات التطورية فانك سوف تحتاج إلى الرجوع إلى الشكل ٣٤ـ١ كثيرا لترى كيف تتفق التفاصيل مع الصورة الكاملة للحياة.

٣٤ـ٢ : تطور النباتات THE EVOLUTION OF PLANTS

على الرغم من عدم وجود دليل حفري إلا أننا نعتقد أن كل مجموعات الكائنات التي درسناها حتى الآن قد ظهرت في مياه الأرض في الدور قبل الكمبري Pre-Cambrian قبل بداية الحقبة القديمة Paleozoic (الشكل ٣٤ـ١). خلال الدور الكمبري والدور الأوردوفيسي Ordovician لابد أن المحيطات ومصادر المياه العذبة قد غذت نظاما معقدا من البروتيستا واللافقاريات المائية (كما سوف نرى في الباب التالي) ولكم كان منظر اليابسة موحشا بما عليها من عدد قليل من الكائنات ذاتية التغذية التي تأقلمت على الحياة هناك ومن ثم لايوجد مصدر لتغذية شواذ التغذية. وعند التقاء البحر باليابسة كانت الطحالب الخضراء تكتسب صفات تمكنها من مجابهة فترات متقطعة من الجفاف. وعند نهاية الدور السيلورى Silurian ظهرت سلالات قادرة على الحياة على اليابسة وبدأت العيش في هذه البيئة. هذه هي النباتات.

سوف نضم إلى المملكة النباتية كل الكائنات التي: (١) تحتوي على كلوروفيل أ وكلوروفيل ب، (٢) ليس لها القدرة على الحركة بواسطة ألياف منقبضة، (٣) لها أجسام مكونة من عديد من الخلايا المتشكلة لتكوين أنسجة وأعضاء، (٤) لها أعضاء جنسية مكونة من عدة خلايا مساعدة، (٥) تنتج ذرية على هيئة أجنة متطورة جزئيا وتكون محمية وتتغذى لفترة من جسم النبات الأم. ولن نفزع كثيرا من وجود نبات بدون كلوروفيل نتيجة لعملية فقد ثانوية. فنبات البيبة الهندية Indian pipe (الشكل ٣٧ـ١٤) لايحتوي على كلوروفيل ولكنه يشبه النباتات من كل النواحي الأخرى ومن المؤكد أنه إنحدر عن أسلاف خضر.

الكثير إن لم يكن معظم علماء النبات يضمون الطحالب أيضا إلى المملكة النباتية. ولكن بضم الطحالب يكون لزاما عليهم تعديل المتطلب (١). الطحالب الخضراء والطحالب اليوجلينية (فقط) تحتوي على كلوروفيل ب ـ كما يكون لزاما عليهم إستبعاد المتطلبين (٣)، (٥). ليس من بين الطحالب من يتوفر فيه المتطلب (٤) والمتطلب (٥)

وعلى الرغم من أن بعض الطحالب يكون عديد الخلايا فانه لايوجد بها سوى القليل من تشكـل الخلايا. ولأسباب سبق ذكرها سـوف نتفق مع هيكـل Heckel. سوف نضع الطحالب (ماعدا الطحالب الخضراء المزرقة) مع مملكة البروتيستا. وبذلك نجد أن المملكة النباتية تنقسم بسهولة إلى شعبتين (علماء النبات عادة يستعملون اللفظ قسم division بدلا من شعبـة phylum) هما: النبـاتـات الحـزازية Bryophyta والنباتات الوعائية Tracheophyta.

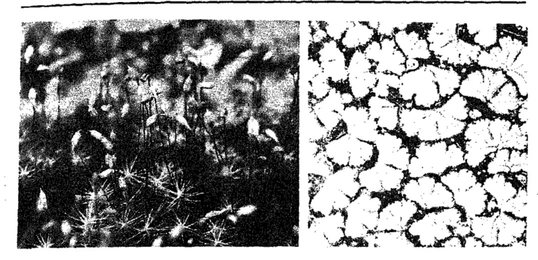
٣٤ـ٣: الحزازيات القائمة والمنبطحة: (شعبة الحزازيات)
THE MOSSES AND LIVERWORTS (PHYLUM BRYOPHYTA)

تم التعرف على حوالي ٢٣٠٠٠ نوع من الحزازيات القائمة والحزازيات المنبطحة الحية وهي نبـاتـات صغـيرة وبسيطة وتـوجـد عادة نامية في الأماكن الرطبة. معظم الحزازيات المنبطحة لها جسم رقيق جلدى ينمو مغلطحا على سطح الوسط الذي تعيش عليه ـ وهو اما الماء أو التربة الرطبة. الشكل ٣٤ـ٢ يبين حزاز منبطح شائع ينمو على سطح ماء بركة.

جسم النبات في الحزازيات القائمة يزيد قليلا في التعقيد عن جسم الحزاز المنبطح. فهو يتكون من شبة ساق يحمل وريقات ضئيلة مرتبة في نظام حلزوني. لا الحزازيات القائمة ولا الحزازيات المنبطحة تحتوي على أي أنسجة خشبية للتدعيم ولذلك فهي لا تبلغ أحجاما كبيرة أبدا. كما أنه لايوجد بها نسيج وعائي متخصص لنقل الماء والغذاء بين أجزاء جسم النبات.

في الباب السادس عشر عرفنا أن التكاثر الجنسي في الحزازيات القائمة يمكن أن يحدث فقط عندما تستطيع الخلايا المذكرة أن تسبح من النبات الذي أنتجها إلى النبات الذي توجد عليه البيضة. عدم وجود جهاز خاص بنقل الماء والحاجة إلى الماء في التكاثر الجنسي هما سببان لإقتصار نمو النباتات الحزازية على البيئات التي تتوفر فيها الرطوبة على الأقل بصورة دورية.

تم إكتشاف ما يقرب من ١٤٠٠٠ نوع من الحزازيات القائمة. الحزاز القائم *Polyt-richum commune* (الشكل ٣٤ـ٢) واسع الأنتشار ومدروس بكثرة. أما حزاز سفاجنوم



الشكل ٣٤-٢ . عينة ممثلة للحزازيات. الى اليسار: الحزاز القائم بوليتريكم كوميون. الى اليمين: حزاز منبطح شائع هو ريشيوكاربس ناتانس. (بتصريح من وليام سي. ستير ومجلة ABIS).

Sphagnum فينمو بغزارة في المستنقعات وعندما يكون متحلل جزيئا فانه يباع إلى البستانيين الذي يرغبون في تحسين التربة في حدائقهم.

تلعب الحزازيات القائمة دورا هاما في اقتصاديات الطبيعة. فمع الأشن تكون الحزازيات القائمة من أوائل النباتات التي تنمو في المناطق الجرداء مثل جلاميد الصخر التي تتعرى عند تراجع الكتل التجليدية. فهي تنمو بسرعة وتنتج كميات كبيرة من المادة النباتية المتحللة المسماة بالدوبال humus والتي سرعان ما تكون تربة مناسبة لنمو النباتات الأكثر تعقيدا. في الغابات المستقرة تعمل كتل الحزازيات ذات الملمس الأسفنجي على امتصاص الماء من المطر والجليد الذائب وذلك يقلل من إحتمالات الفيضان في وقت الربيع وجفاف الأنهار في الصيف كما أنه يقلل من فقد التربة عن طريق جرف الماء لها.

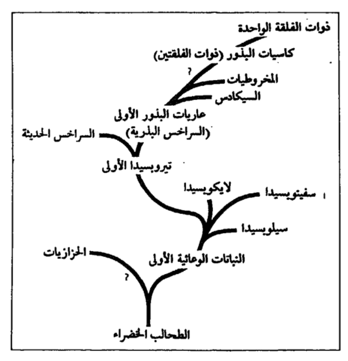
إعتبرت الحزازيات أحيانا كأسلاف للنباتات الوعائية. فبساطة التركيب وغياب النسيج الوعائي واقتصارها على المواقع الرطبة كلها شواهد على أنها كائنات وسطية بين الطحالب والنباتات الوعائية. ومع ذلك فالسجل الحفري يشير إلى أن هذا التفسير خاطيء. فلم يتم العثور على حزازيات حفرية في صخور تكونت قبل الدور الديفوني Devonian period كما أننا سوف نرى أن النباتات الوعائية كانت موجودة أثناء الدور السيلوري. ولنا إذن أن نستنتج أن الحزازيات القائمة والحزازيات المنبطحة إما أنها تمثل

إستعمار ثاني غير ناجح لليابسة من قبل أسلاف مائية أو (كما اقترح البعض) أنها نباتات أرضية فقـدت الكثير من مظاهر التأقلم التي كانت لأسلافها. في كلتا الحالتين فان غياب النسيج الوعائي والنسيج الخشبي وضرورة الماء السطحى لتحرك الخلايا الذكرية من الأنثريدة إلى الأرشيجونة قد قللت من الأمكانيات التطورية لهذه الكائنات.

٣٤ـ٤ : النباتات الوعائية: (شعبة النباتات الوعائية)

THE VASCULAR PLANTS (PHYLUM TRACHEOPHYTA)

على الرغم من أن التركيب التشريحي للنباتات الأولى غير معروف جيداً إلا أن أوائل الحفريات تشير إلى أن هذه الكائنات قد طورت جهاز وعائي لنقل الماء والغذاء خلال جسم النبـات ولذلك فهي تتمتع بالعضوية الكاملة لشعبة النباتات الوعائية. بنهاية الدور الديفوني كانت أربع مجموعات متميزة قد ظهرت تركت كل منها بعض أحفاد مازالـت موجـودة حتـى الآن. ونحن ننسبب هذه المجمـوعـات إلى تحت شعب السيلوبسيدا واللايكوبسيدا والسفينوبسيدا والتروبسيدا (الشكل ٣٤ـ٣). يبلغ مجموع الأحفاد الحية لهم جميعا حوالي ٢٦٠٠٠٠ نوع.

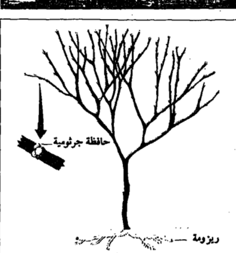


الشكل ٣٤ـ٣. العلاقات التطورية المحتملة بين النباتات.

تحت شعبة السيلوبسيدا SUBPHYLUM PSILOPSIDA

لم يكن للسيلوبسيدا جذور ولا أوراق وإنما كان لهم ساق تحت الارض (ريزومة) وساق هوائية قائمة وكان بكل من هذين الساقين خشب ولحاء. البناء الضوئي كان يحدث في الساق القائمة التي كانت تنتج الحوافظ الجرثومية أيضا. هناك أربعة أنواع حية اليوم تشبه إلى حد كبير السيلوبسيدا الحفرية وعلى الرغم من أن كل علماء النبات قد لايوافقون فاننا سوف ننسبهم إلى تحت الشعبة هذه. إذا كان النبات *Psilotum nudum* (الشكل ٣٤-٤) هو من السيلوبسيدا حقا فانه يمكن أن نستنتج أن أوائل السيلوبسيدا كانوا ينتجون نوع واحد من الجراثيم. كانت هذه الجراثيم تنمو إلى طور مشيجي ضئيل وهو الذي كان ينتج الأنثريدات والأرشيجونات. كان الأخصاب يتم بواسطة خلايا ذكرية سابحة وعلى ذلك فإن هذه النباتات كانت محصورة في بيئات مبللة بالماء على الأقل لبعض الوقت.





الشكل ٣٤-٤. أعلى: اعادة بناء لمنظر من الدور الديفوني يوضح ثلاثة من أنواع السيلوبسيدا في المقدمة (بتصريح من حدائق بروكلين النباتية). أسفل: سيلوتم نودم، واحد من السيلوبسيدا مازال ينمو حتى الان في فلوريدا وفي أماكن أخرى.

تحت شعبة اللايكوبسيدات SUBPHYLUM LYCOPSIDA

الأسم الشائع لأفراد تحت الشعبة هذه هو الحزازيات الصولجانية Clubmosses وهذا الأسم مشتق من تشابههم السطحى مع الحزازيات القائمة (فهم عادة لايرتفعون كثيرا عن الأرض ويحملون أوراق ضئيلة) ومن إنتاجهم للجراثيم في تراكيب صولجانية الشكل (الشكل ٣٤-٥) تسمى المخاريط Strobili. وهم ليسوا حزازيات قائمة بالمرة وانما نباتات وعائية بها خشب ولحاء في الجذور والأوراق يتصلان بالخشب واللحاء الموجودين في الساق. الأوراق بسيطة للغاية وصغيرة والنسيج الوعائي على هيئة عرق واحد غير متفرع.

يوجد الآن حوالي ١٠٠٠ نوع من الليكوبسيدا. جنس الرصن *Selaginella* وجنس قدم الذئب *Lycopodium* شائعان في أمريكا الشمالية وبعض أنواع الجنس الأخير تسمى صنوبريات الأرض وتستعمل في زينات أعياد رأس السنة (الشكل ٣٤-٥).

على الرغم من أن كل الأفراد الأحياء الان من تحت الشعبة هذه لهم أحجام صغيرة



الشكل ٣٤-٥. لايكوبوديوم اوبسكيورم نامي في قاع غابة. يصل ارتفاع هذه النباتات الى حوالي ٨ بوصات (٢٠ سم). على الرغم من أن الاسم الشائع لها هو صنوبريات الأرض الا انها في الواقع أعضاء تحت شعبة اللايكوبسيدا وهي مجموعة مختلفة تماما.

فقد تم العثور على أنواع حفرية بلغ ارتفاعها ١٠٠ قدم. كانت هذه الأشجار موجودة بكثـرة خلال الدور المسيسيبـي Mississipian والدور البنسلفاني Pennysylvanian. (الشكـل ٣٤-٦) وساهمت بقاياهم في تكوين ترسيبات ضخمة من الفحم. ولقـد تكون أكثـر الفحم الموجود في العالم أثناء ذلك الوقت ولذلك فـان هذان الدوران غالبا مايسميان معا بالدور الكربوني Carboniferous. وحينما نحرق هذا الفحم الان فاننا نطلق الطاقة التي تم تخزينها بالبناء الضوئي منذ ٣٠٠ مليون سنة.

بعض اللايكوبسيدا كانت (ومازالت) تنتج نوعين من الجراثيم: الجراثيم الصغيرة microspores (مذكرة) والجراثيم الكبيرة megaspores (مؤنثة). وهذه تنمو إلى طور مشيجي مذكر و طور مشيجي مؤنث على التوالي. في بعض الحالات كانت الجرثومة الكبيرة تظل داخل أنسجة الطور الجرثومي الأبوي، وكما في حالة عاريات البذور الان، كان يهيء بيئة محمية لحدوث الأخصاب.

تحت شعبة سفينوبسيدا SUBPHYLUM SPHENOPSIDA

الأسم الشائع لنباتات تحت الشعبة هذه هو ذيل الحصانيات horse tails أو حشائش

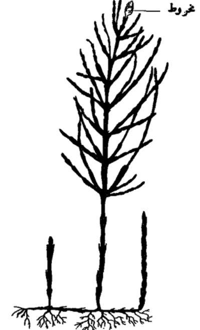


الشكل ٣٤-٦. غابة من الدور الكربوني. أعاد الفنان بناء ما كانت تبدو عليه غابات المستنقعات في الدورين الميسيسيبي والبنسلفاني الجذوع الضخمة الى اليسار وتلك الملقاة على الأرض في المقدمة هي أشجار من اللايكوبسيدا. الأشجار الموجودة في اليمين تنتمي الى السفينوبسيدا. بعض السرخسيات البذرية موجود كذلك. (بتصريح من متحف فيلد للتاريخ الطبيعي).

التنظيف scouring rushes الأسم الأول يرجع إلى طريقة التفرع المميزة: حلقات أو محيطات من الأفـرع الصغيرة تخرج من ساق فوق سطح الأرض (الشكل ٣٤-٧). وينشأ هذا الساق كل موسم من ساق تحت الأرض. أما الاسم الثاني فانه يرجع إلى أن هذه النباتات كانت في الماضي تستخدم في تنظيف الاوعية والأواني. غالبا تنمو ذيل الحصانيات في الأماكن الرملية وتأخذ كميات كبيرة من السيليكا في سوقها. والسيليكا تجعل هذه السوق خشنة ومن هنا كانت كفاءتها كمادة تنظيفية. الأوراق صغيرة جدا ومرتبة في حلقات أو محيطات حول الساق. لم يبق على قيد الحياة الان سوى جنس واحد هو ذيل الحصان *Equisetum* ويضم حوالي ٢٥ نوع. ولكن أنواعا عديدة أضخم بكثير كانت من السمات السائدة على الأرض (الشكل ٣٤-٦) ومثل أوائل اللايكوبسيدا ساهمت في تكوين الفحم.

تحت شعبة التيروبسيدا SUBPHYLUM PTEROPSIDA

تختلف النباتات في تحت الشعبة هذه عن تحت الشعب الثلاث السابقة في أن لها أوراق ضخمة نسبيا بها عديد من العروق المتفرعة. وتنقسم تحت الشعبة إلى ثلاث صفـوف: السراخس وعاريات البذور (التي اختزلت الأوراق في معظمها إلى أوراق إبرية) وكاسيات البذور.



الشكل ٣٤-٧. ايكويزيتم بالوستر، أحد ذيل الحصانيات الشائعة. أنه أحد أعضاء تحت شعبة سفينوبسيدا.

١ ــ صف السرخسيات (السراخس) CLASS FILICINAE (FERNS)

ساهمت التيروبسيدا الأولى، أي السراخس، بعدد كبير من الأنواع السائدة في الدور الديفوني. ومثل الكثير من سراخس الجو المعتدل الآن كانت متشابهة الجراثيم homosporous أي كانت تنتج نوع واحد فقط من الجراثيم. وقد تتذكر أن كل جرثومة سرخسية تنمو لتعطى ثالوس أولى يحمل الأعضاء الجنسية المذكرة والمؤنثة. الأخصاب يتطلب رطوبة تسبح فيها الخلايا الذكرية ذات الأهداب حتى تصل إلى البيضة. ولهذا السبب مازالت السراخس محدودة في البيئات التي يكثر فيها الماء أثناء جزء من موسم النمو. يعيش الان على الأرض حوالي ٩٥٠٠ نوع من السراخس ويوجد معظمهم في المناطق الأستوائية حيث ينمو البعض منهم حتى ارتفاع ٤٠ قدم (١٣ متر) أو أكثر (الشكل ٣٤ـ٨). عدد أقل يعيش في المناطق المعتدلة وهذه عادة تنمو في المناطق الرطبة الظليلة وتوجد الساق (أو الريزومة) وكذلك الجذور تحت الارض وتنمو الأوراق من الريزومة في فصول الربيع وتقوم بتصنيع الغذاء بواسطة البناء الضوئي وفي أكبر الأنواع





الشكل ٣٤ـ٨. السرخسيات. الى اليسار: أحد السرخسيات الشجرية التي تنمو في استراليا. إلى اليمين: السراخس التي تنمو في الأجواء المعتدلة، مثل سرخس القرفة هذا، يكون لها سوق تحت أرضية. (سرخس القرفة بتصريح من جورج أس. ايلمور).

التي تعيش في المناطق المعتدلة قد تصل الأوراق إلى ثلاثة أو أربعة أقدام. على الرغم من أن الأوراق بصفة عامة تموت مع أول ظهور للصقيع فان الريزومة والجذور تظل حية أثناء الشتاء.

تنتشر السراخس إلى مواقع جديدة بواسطة جراثيم ضئيلة تذروها الرياح. هذه الجراثيم تتكون داخل حوافظ جرثومية تنشأ على الأوراق. (قد ترغب في إعادة النظر إلى دورة حياة السراخس بالباب السادس عشر).

النمط الدقيق البديع لتفرع أوراق السراخس يجعل منها نباتات زينة غالية الثمن. وكانت السراخس تنمو بغزارة في المراحل المبكرة من تاريخ الأرض وقت أسهمت بقاياهم أيضا في تكوين الفحم.

٢ ـ صف عاريات البذور CLASS GYMNOSPERMAE

البقايا الحفرية من الدور الديفوني تشير إلى أن بعض النباتات التي تشبة السراخس كانت متباينة الجراثيم heterosporous أي أنها كانت تنتج جراثيم صغيرة وجراثيم كبيرة وكانت الجراثيم الكبيرة تحفظ في الأنسجة الرطبة للطور الجرثومي العائل وهنا كان يتم الأخصاب دون الأعتماد على الماء السطحى. ومن ناحية أخرى فان الحاجة إلى نقل الجراثيم الصغيرة من نبات إلى آخر حتى تصل إلى الطور المشيجي المؤنث قد سلبت هذه الجراثيم الصغيرة قيمتها كعوامل إنتشار. وربما تولت البذور عنها هذه الوظيفة ـ وهي عبارة عن أطوار جرثومية جنينية كامنة ومحمية.

السراخس البذرية ـ كما تسمى هذه النباتات ـ كانت من أوائل عاريات البذور. وعلى الرغم من أن السراخس البذرية قد إندثرت إلا أن بعض أحفادهم مثل النباتات السايكادية cycads (الشكل ٣٤ـ٩) وشجرة المعبد *Gingko* ماتزال حية إلى يومنا هذا. هذه النباتات الحديثة تحمل بذور تفصح عن أصلها القديم. فبعد أن تصل الجراثيم الصغيرة إلى البويضة فانها تطلق سابحة ذكرية هدبية تصل إلى البويضة سابحة في رطوبة يوفرها لها الطور الجرثومي الأم.

النباتات السايكادية إستوائية وتحمل تشابه سطحى للنخيل. جنس واحد فقط ينمو



الشكل ٣٤-٩. أحد السايكاديات (من جنس ديون *Dion*) ينمو في حدائق فيرتشايلد الاستوائية بولاية فلوريدا. (بتصريح من جورج أس. ايلمور).

بريا في الولايات المتحدة ولا يوجد إلا في فلوريدا. أما شجرة المعبد *Gingko* (الشكل ٣٤-١٠) فانه آخر الأنواع الباقية على قيد الحياة من مجموعة من النباتات كانت يوما ما كبيرة. على الرغم من أن شجرة المعبد مازالت تنمو بريا في الصين فإنها لا تنمو إلا مزروعة في الأماكن الأخرى. وهي تزرع بكثرة في المناطق المعتدلة لأنها تنمو بسرعة ويبدو أن لها قدرة خاصة على تحمل الدخان والظروف الأخرى لحياة المدينة. الأجناس منفصلة في شجرة المعبد وعامة تكون الأشجار المذكرة مفضلة للزراعة كأشجار ظل وذلك لأن البذور التي تنتجها الأشجار المؤنثة فقط تطلق رائحة غير مستحبة إذا داستها الأقدام.

إزدهرت عاريات البذور الأولى خلال الدورين الميسيسيبي والبنسلفاني. وقد ساهمت مع السراخس واللايكوبسيدا والسفينوبسيدا في تكوين الفحم وقرب نهاية هذين الدورين ظهرت المخروطيات conifers.

المخروطيات (مثل الصنوبريات pines والتنوب firs) هي أكثر عاريات البذور عددا

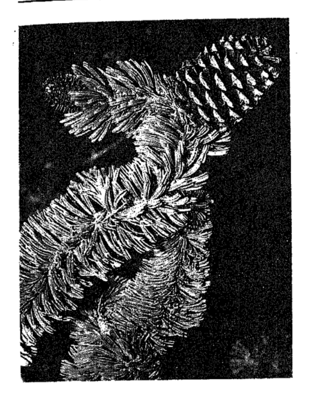


الشكل ٣٤-١٠: شجرة المعبد (تم تصويرها في الخريف) وبذورها. (بتصريح من جورج اس. ايلمور).

الآن ولكنها تتركز بصفة عامة في الأماكن التي يكون الشتاء فيها شديد البرودة. تضم هذه المجموعة أضخم وأقدم الكائنات الحية جميعا فهناك إحدى أشجار الخشب الأحمر (من جنس *Sequoia*) يبلغ إرتفاعها ٣٦٨ قدم في كاليفورنيا كما ثبت أن بعض أشجار الصنوبر شوكية المخروط والتي تنمو في جبال شرق كاليفورنيا يزيد عمرها عن ٤٠٠٠ سنة.

معظم الصنوبريات مستديمة الخضرة وتتحور الأوراق فيها إلى ابر. تتكون الجراثيم الصغيرة والجراثيم الكبيرة في مخاريط Cones (الشكل ٣٤-١١). وعندما تصل الجراثيم الصغيرة إلى المخاريط المؤنثة فانها تنمو إلى طور مشيجي مذكر ينتج (١) أنبوبة لقاح pollen tube و (٢) النواة الذكرية التي تقوم بالأخصاب. لايحدث إنتاج لخلايا ذكرية متحركة.

توفر الغابات الصنوبرية في أمريكا الشمالية جزء كبير من الأخشاب المستخدمة في البناء كما تعتمد صناعة الورق كذلك بنسبة كبيرة على المخروطيات كمصدر للب الورق.

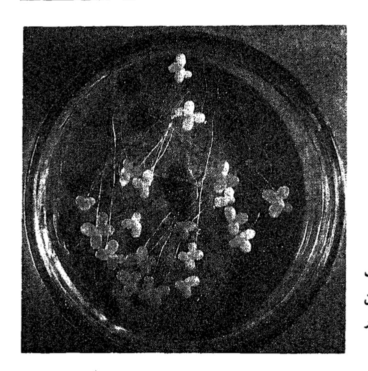


الشكل ٣٤-١١. فرع من شجرة الصنوبر الشوكي وهو أحد المخروطيات. لاحظ المخروط المؤنث الذي نتج في نفس الموسم (عند الطرف) ومخروط الموسم السابق (الذي نثر بذورة). يمكن رؤية شجرة كاملة من هذا النوع (وهو من أقدم الكائنات الحية) في الشكل ٩-١٢. (بتصريح من جورج اس. ايلمور).

٣ ـ صف كاسيات البذور CLASS ANGIOSPERMAE

على الرغم من ظهور دليل على وجود كاسيات البذور في الرواسب الحفرية للدور الجوراسي Jurassic period فان كاسيات البذور لم تصبح سائدة على الأرض إلا في نهاية الحقبة الوسطى Mesozoic era ويوجد من كاسيات البذور الحية الآن حوالي ٢٥٠٠٠٠ نوع بينما لايوجد في بقية المملكة النباتية سوى حوالي ٣٤٠٠٠ نوع فقط. وتوجد كاسيات البذور تقريبا في كل أنواع البيئات وعلى الرغم من وجود صفات تمكن بعضهم من الحياة في أماكن جافة إلا أن البعض منهم قد إرتد إلى الحياة في الماء (الشكل ٣٤-١٢).

تنقسم كاسيات البذور إلى تحت صفين هما ذوات الفلقتين dicots وذوات الفلقة الواحدة monocots. تشتق هذه الأسماء من عدد الفلقات الموجودة في البذرة: إثنتان في بذور المجموعة الأولى وواحدة في بذور المجموعة الثانية. تختلف ذوات الفلقتين وذوات الفلقة الواحدة في عدد من الصفات الأخرى كذلك (الشكل ٣٤-١٣). فتكون العروق في أوراق ذوات الفلقتين مرتبة في نظام شبكي بينما في ذوات الفلقة الواحدة تكون العروق متوازية. الحزم الوعائية في ساق ذوات الفلقتين تكون مرتبة في نظام



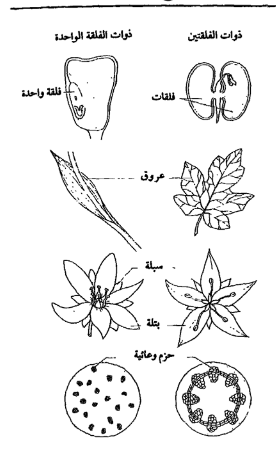
الشكل ٣٤-١٢. نبات عدس الماء *(Lemna)* وهو من أصغر كاسيات البذور. قطر الطبق هو ٥ سم (٢ بوصة).

شعاعي تماما مثل أعمدة العجلة بينما تكون مبعثرة عشوائيا في ساق ذوات الفلقة الواحدة. الأجزاء المختلفة التي تتكون منها الزهرة (مثل البتلات) في ذوات الفلقتين يكون عددها ٤ أو ٥ أو مضاعفات هذين الرقمين. أجزاء الزهرة في ذوات الفلقة الواحدة يكون عددها ٣ أو مضاعفات هذا الرقم.

ذوات الفلقتين هي أكبر (وأقدم) المجموعتين ومعروف منها حوالي ٢٠٠٠٠٠ نوع. أما ذوات الفلقة الواحدة فالمعروف منها حوالي ٥٠٠٠٠ نوع وهي تشمل الزنابق والنخيليات والأوركيد والسوسن والتيوليب والسعديات sedges (نباتات تشبه النجيليات وتعيش في المستنقعات) والبصل وكشك الماظ و النجيليات. أما النجيليات فتشمل الذرة والقمح والأرز وكل محاصيل الحبوب الأخرى التي نعتمد عليها كثيرا كغذاء.

٣٤-٤ : الأقلمة في كاسيات البذور ADAPTATIONS OF ANGIOSPERMS

النجاح التطوري الذي حققته كاسيات البذور وأهميتها بالنسبة للأنسان يبرران إستخدامنا لها كنماذج لتوضيح الصفات الأساسية لتركيب النبات. كما في معظم النباتات الوعائية يتركب جسم النبات من ثلاثة أعضاء رئيسية هي الجذور roots



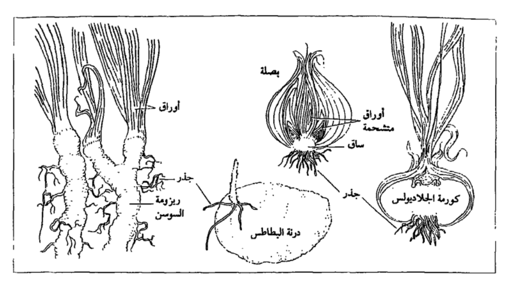
الشكل ٣٤-١٣. مقارنة الأنماط التركيبية الموجودة في ذوات الفلقتين وذوات الفلقة الواحدة.

والساق stem والأوراق leaves.

تقوم الجذور بتثبيت النبات في التربة وامتصاص الماء والأملاح المعدنية منها. تنتقل هذه المواد بعد ذلك إلى الساق والأوراق من خلال الجهاز الوعائي. بعض كاسيات البذور مثل الجزر تستخدم جذورها في تخزين الغذاء أيضا (الشكل ٢٦-١٧).

الساق تحمل الأوراق وتدعمها حتى تتعرض للشمس وتحت ظروف خاصة فان السوق تنتج أيضا براعم زهرية وهذه تنمو إلى أزهار وتؤدى وظيفة التكاثر الجنسي. للساق أهمية أيضا من حيث أنها تعمل كحلقة وصل بين الجذور والأوراق وتقوم الأوراق بتصنيع الغذاء الذي بدونه تموت الجذور. والجذور تقوم بامتصاص الماء والأملاح المعدنية التي بدونها لاتستطيع الأوراق أن تقوم بتصنيع الغذاء ويعمل الجهاز الوعائي للساق على ضمان النقل السريع لهذه المواد الضرورية بين الجذور والأوراق.

أحيانا تستعمل السوق لتخزين الغذاء. ومن أهم الأمثلة على ذلك السوق تحت الأرضية المنتفخة لنباتات مثل السوسن والجلاديولس والبطاطس (الشكل ٣٤-١٤).

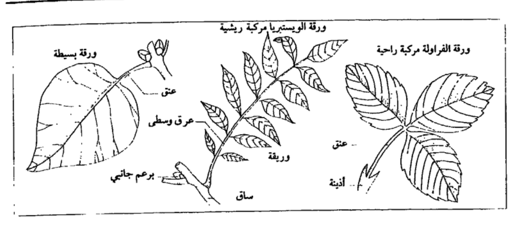


الشكل ٣٤-١٤ . أربعة أنواع من السوق تحت الأرضية .

الوظيفة الأساسية للأوراق هي تصنيع الغذاء بواسطة البناء الضوئي ويتم ذلك في النصل الرقيق المفلطح للورقة. في معظم ذوات الفلقتين يتصل النصل بالساق عن طريق عنق الورقة petiole. يمتد الجهاز الوعائي للساق إلى عنق الورقة ومنه إلى نصل الورقة على هيئة عروق. ولا تعمل العروق على نقل المواد من وإلى الورقة فحسب وانما تعمل أيضا كهيكل يدعم الورقة.

أوراق كاسيات البذور قد تكون بسيطة simple أو مركبة compound في الأوراق البسيطة يتكون النصل من جزء واحد متصل بالعنق أما الأوراق المركبة فتكون مقسمة إلى وريقات leaflets. الأوراق المركبة الراحية palmate كما في نبات الفراولة، تتكون من وريقات تشع من نقطة واحدة. في الأوراق المركبة الريشية pinnate تترتب الوريقات طوليا على جانبي العرق الوسطى للورقة (الشكل ٣٤-١٥).

الكثير من أوراق كاسيات البذور تتحور لأداء وظائف أخرى غير البناء الضوئي. فالمحاليق tendrils التي تتشبث بواسطتها نباتات البسلة المتسلقة على الدعامات هي أوراق متحورة. الأعناق الكبيرة لأوراق الكرفس celery تستخدم في تخزين الغذاء وكذلك تعمل الأوراق تحت الأرضية المتشحمة لنبات البصل. النباتات آكلة الحشرات مثل نبات الدورق pitcher plant والديونيا venus flytrap تستخدم أوراق متحورة لأصطياد فرائسها . أما أوراق نبات الزينة بريوفيللم *Bryophyllum* فتنشأ



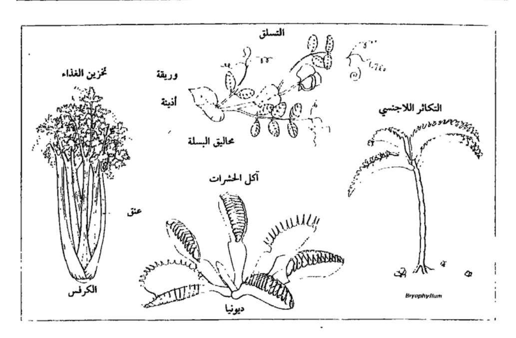
الشكل ٣٤-١٥. أشكال الأوراق.

على حوافها نباتات صغيرة وبالتالي فهي تعمل على إكثار النبات لاجنسيا (الشكل ٣٤-١٦).

تختلف أنماط النمو كثيرا في كاسيات البذور. فالأشجار والشجيرات وبعض المتسلقات تكون معمرة perennial حيث تنمو سوقها الهوائية الخشبية وتزداد في السمك في كل موسم نمو ومعظمها تكون متساقطة الأوراق حيث تنفض عنها أوراقها في الخريف. النبات المعمرة الأخرى تكون لها سوق عشبية غضة. في الأجواء المعتدلة تموت الأجزاء الموجودة فوق سطح الأرض في الخريف أما الأجزاء الموجودة تحت الأرض (الجذور ومعها غالبا ريزومات) فتبقى حية وتبعث بمجموع خضرى جديد (سوق وأوراق) في الربيع التالي. الكثير من النجيليات والزهور البرية تكون عشبيات حولية.

بعض كاسيات البذور تكون ثنائية الحول biennials حيث تكمل دورة حياتها في عامين. نبات الجزر، على سبيل المثال، يبعث بأوراقة فوق سطح الأرض أثناء الموسم الأول (الشكل ٢٦-١٧) وهذه تموت في الخريف ولكن الجذر والساق القرصية يظلان على قيد الحياة وفي العام التالي تبعث الساق بشمراخ يحمل أزهار تتكون فيها البذور. وعند تحرر هذه البذور يموت النبات كلة.

كاسيات البذور الحولية annual هي نباتات عشبية تنمو من البذور وتزهر وتنتج بذور وتموت في خلال موسم واحد. لاتعمل بذورها على إنتشار النبات فقط إلى أماكن جديدة وانما تمكن النوع من معاودة الظهور في الموسم التالي. الكثير من الزهور المزروعة والحشائش وبعض النجيليات بما في ذلك محاصيل الحبوب كلها من الحوليات.



الشكل ٣٤-١٦ . بعض تحورات الأوراق.

من الصعب المبالغة في أهمية كاسيات البذور بالنسبة لبقائنا فهي تمدنا بكل غذائنا إلا القليل منه إما بصورة مباشرة أو كمصدر رئيسي لأعلاف الثروة الحيوانية. تمدنا كاسيات البذور أيضا بمنتجات هامة مثل القطن والمطاط الطبيعي والورق والخشب والدخان والكتان. وهناك عدد من المواد الكيميائية الصناعية والأدوية المستخلصة من كاسيات البذور.

تلعب كاسيات البذور دورا حاسما في تهيئة البيئة المناسبة للأنسان وللحيوانات الأرضية الأخرى. فالمجموع الجذرى يجعل التربة متماسكة في وجه قوي التحات للرياح والماء (أنظر إلى الشكل ٢١-٢٥ لترى ماذا يحدث عند إنتزاع الكساء النباتي من الأرض). النتح وامتصاص أشعة الشمس بواسطة مظلات الغابات يلطفان من المناخ الصيفي. الغطاء الكثيف من كاسيات البذور يقلل من قوة المطر المنهمر ويعمل كإسفنجة تحفظ الماء للتربة وهذا يقلل من فرص الفيضانات والتآكل بفعل الماء بينما يحافظ على إمتلاء الينابيع والبرك والأنهار خلال شهور الصيف.

ونحن لانعيش بالخبز والماء فقط ويجب ألا نغفل الدور المعنوي الذي تلعبة كاسيات البذور في حياتنا. فالغابات والحدائق وحتى النباتات المنزلية تثرى حياتنا بطرق بعيدة

تماما عن إحتياجاتنا الأقتصادية ومطالبنا من السعرات الحرارية اللازمة للحياة.

بماذا يمكننا تفسير النجاح الباهر لكاسيات البذور؟ ربما كان الجواب هو أنها تتميز بأكفأ مظاهر الأقلمة للحياة على الأرض اليابسة مع أكثر طرق التكاثر الجنسي والأنتشار تباينا. دعنا نلقى نظرة على الصفات التي سمحت لكاسيات البذور (وللنباتات الأخرى بدرجات متفاوتة) بغزو اليابسة.

وجود الجذور يسمح باستخلاص الرطوبة والأملاح المعدنية من تحت سطح الأرض كما تعمل الجذور أيضا على تثبيت النبات ضد الرياح. وجود الكامبيوم القادر على إنتاج النسيج الخشبي يعمل على تدعيم إرتفاع الأوراق والأزهار في الهواء. الخشب واللحاء يعملان على نقل الماء والغذاء والهرمونات وما إلى ذلك لمسافات بعيدة في جسم النبات بسرعة وكفاءة. كما تعمل طبقة الأدمة cuticle الشمعية التي تغطى الأوراق والسوق العشبية وكذلك الفلين cork الموجود على السوق الخشبية على منع الفقد السريع للماء من النبات بالتبخير. هذا الغطاء غير المنفذ للماء هو أيضا غير منفذ للغازات ولكن الحاجة إلى تبادل الغازات تلبيها الثغور والعديسات lenticels. سقوط الأوراق في معظم كاسيات البذور بالمناطق المعتدلة يزيد من تقليل فقدها للماء خلال الشتاء (حينما يكون الماء الأرضى متجمدا) كما يساعد على تقليل إحتمالات ما قد يصيب النبات من أضرار من جراء تراكم الثلج والجليد.

تشترك كاسيات البذور مع عاريات البذور في الأحتفاظ بالطور المشيجي المؤنث داخل الحافظة الجرثومية الكبيرة. وكما رأينا فان هذا النظام يضع حدا للحاجة إلى الماء الموجود على سطح الأرض كي تسبح فيه الخلايا الذكرية من نبات إلى نبات. وبدلا من ذلك تنتقل حبوب اللقاح إلى الحافظة الجرثومية الكبيرة بواسطة الهواء وبذلك تتلاقى الأمشاج. في عاريات البذور وبعض كاسيات البذور يتم إنتقال حبوب اللقاح من نبات إلى نبات بواسطة الرياح. الكثير من كاسيات البذور الأخرى تجذب أزهارها الحشرات أو حيوانات أخرى وبذلك تستغل قدرة الحيوان على الحركة للمساعدة في التلقيح الخلطى. كمية حبوب اللقاح التي تنتجها كاسيات البذور التي يكون التلقيح فيها بواسطة الحيوانات تكون أقل بكثير من تلك التي تنتجها الأنواع ذات التلقيح الهوائي.

الطور الجرثومي الجنيني، أي البذرة هو أيضا أحد مظاهر الأقلمة الفعالة للحياة على الأرض اليابسة. فمع الحماية التي يوفرها غلاف البذرة والمواد الغذائية المختزنة تستطيع البذرة تحمل الظروف القاسية الجافة لمدة طويلة بينما تبقى مستعدة للأنبات حينما تتحسن الظروف. إنتاج البذور في كاسيات البذور أكفأ منه في عاريات البذور من حيث أن الغذاء ينتقل إلى البذرة فقط عند حدوث الأخصاب. في عاريات البذور يتم تخزين كل المخزون الغذائي قبل الأخصاب ولذلك فانه يفقد إذا فشلت عملية التلقيح.

معظم مظاهر الأقلمة التي ذكرناها حتى الآن ليست مقصورة على كاسيات البذور. فقط ولكنها لعبت دورا في السماح للنباتات الاخرى باحتلال الارض. ولا تتميز كاسيات البذور إلا بانتاج الأزهار flowers والثمار fruits فقط. ولقد مكنت الطرق الفعالة للتلقيح وانتشار البذور (وكذلك الصفات الأخرى التي تصل إلى أوج تطورها في كاسيات البذور) هذه النباتات من غزو كل نوع ممكن من أنواع البيئات على هذه الأرض. ففي كاسيات البذور نجد أكثر المجموعات النباتية قابلية للأقلمة أنتجها التغير التطوري الذي حدث في كائنات كانت يوما ما محدودة في بيئة مائية.

إحتلال النباتات الوعائية لليابسة في الدور السيلورى كانت له آثار بعيدة المدى. فالنباتات ذاتية التغذية ووجودها على الأرض يمثل مصدر غذائي غنى للكائنات شاذة التغذية. وكانت الفطريات والعديد من الحيوانات أول من إستغل ذلك وسرعان ماتلت النباتات في التأقلم مع الظروف الخاصة للمعيشة على اليابسة. في الأبواب التالية سوف ندرس كيفية تحقيق الحيوانات لهذا الأنتقال وسوف يكون ذلك جزءا هاما من القصة الشاملة لتطور الحيوانات كلها.

ملخص الباب CHAPTER SUMMARY

النباتات (١) تحتوي على كلوروفيل أ، كلوروفيل ب، (٢) ليست لها قدرة على الحركة، (٣) تتركب من مجموعات من الأنواع المتشكلة للخلايا، (٤) لها أعضاء جنسية بها خلايا مساعدة، (٥) تحمى صغارها لفترة من الزمن داخل جسم النبات الأم. الكائنات التي تنطبق عليها هذه المعايير تنقسم إلى شعبتين (أو قسمين):

الحزازيات والنباتات الوعائية.

الحزازيات ليس بها خشب ولا لحاء والتكاثر الجنسي فيها بواسطة خلايا ذكرية سابحة. ولذلك تكون هذه الكائنات (غالبا الحزازيات القائمة والحزازيات المنبطحة) تكون محدودة في البيئات المبللة بالماء بصفة دورية على الأقل.

النباتات الوعائية لها جهاز وعائي يتركب من الخشب واللحاء وتتميز إلى أربع تحت شعب: (١) السيلوبسيدا - معظم أفراد هذه المجموعة إندثروا على الرغم من وجود ٤ أنواع يُظن أنها تنتمى اليها، (٢) اللايكوبسيدا أو الحزازيات الصولجانية، (٣) السفينوبسيدا - أو ذيل الحصانيات، (٤) التيروبسيدا - وتشمل السراخس وعاريات البذور وكاسيات البذور.

معظم عاريات البذور التي مازالت حية من المخروطيات: أنواع الصنوبر والتنوب، إلخ. أما كاسيات البذور فهي النباتات الزهرية وهي تزيد في عدد الأنواع عن كل المجموعات الأخرى بنسبة أكثر من ٧:١.

تختلف عاريات وكاسيات البذور عن السرخسيات في إحتوائها على أطوار مشيجية (مذكرة ومؤنثة) تنمو وتقوم بعملية الأخصاب داخل أنسجة الطور الجرثومي الأبوى. وتتوقف عملية نمو الطور الجرثومي مؤقتا بتكوين البذرة. وهي جنين كامن ومعه مخزون من المواد الغذائية وغلاف يحميه. والبذور هي وسيلة الأنتشار في عاريات وكاسيات البذور بينما تقوم الجراثيم بهذه الوظيفة في السرخسيات.

الأزهار والثمار هي تحورات في كاسيات البذور تقوم بالتلقيح وانتشار البذور، على التوالي، بطرق متعددة. تنقسم كاسيات البذور إلى تحت صفين: ذوات الفلقتين (حيث توجد فلقتان في البذرة) وذوات الفلقة الواحدة (وبها فلقة واحدة).

تمارين ومسائل: EXERCISES AND PROBLEMS

١ ـ راجع النظم التصنيفية للنباتات في عدة كتب. ما هي أوجه التشابه الرئيسية؟ وما هي الأختلافات؟ أي هذه النظم تفضل؟ ولماذا؟

٢ ـ فيم تختلف المملكة النباتية عن الطحالب الخضراء؟ وعن الطحالب الخضراء

المزرقة؟ وعن الطحالب الحمراء؟

المراجع: REFERENCES

1 - WATSON, E. V., Mosses, Oxford Biology Readers, No. 29, Oxford University Press, Oxford, 1972.

2 - SPORNE, K. R., The Mysterious Origin of Flowering plants, Oxford Biology Readers, No. 3, Oxford University Press, 1971.



CHAPTER 35 الباب الخامس والثلاثون

THE INVERTEBRATES اللافقاريات

الباب الخامس والثلاثون

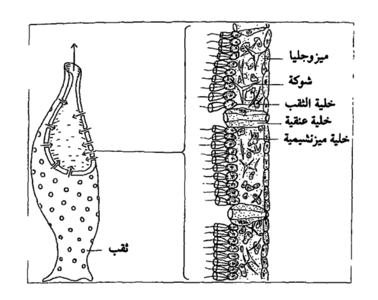
اللافقاريات

٣٥-١ : مقدمة INTRODUCTION

الحيوانات هي كائنات تتميز بما يلي : (١) ليس بها كلوروفيل، (٢) قادرة على الحركة أو على الاقل تحريك أجسامها بالياف قابضة، (٣) عديدة الخلايا. وقليل من الكائنات تكون غير قادرة على الحركة ولكنها تقوم ببعض الظواهر التي لاتمنعنا من التعرف عليها كحيوانات. وتنقسم المملكة الحيوانية عامة إلى ٢٥ ـ ٣٠ شعبة مختلفة. والحيوانات التي تحمل الصفات الثلاث السابق ذكرها، ولكن ينقصها وجود العمود الفقري يطلق عليها الافقاريات. وتحوي ثلاثة شعب من اللافقاريات كائنات بسيطة التكوين، ولذلك فهي حيوانات أولية ويمكننا القول بأنها نشأت من كائنات بدائية في الحياة الحيوانية، من تلك الحيوانات الأولية الاسفنجيات والديدان المفلطحة.

٣٥-٢ : الاسفنجيات (شعبة بوليفيرا)
THE SPONGES (PHYLUM PORIFERA)

وهي حيوانات بسيطة تقضى كل حياتها مثبتة على صخرة أو على سطح صلب تحت الماء. ويعرف من الاسفنجيات نحو ٥٠٠٠ نوع، القليل منها يعيش في المياه العذبة ولكن الغالبية منها يعيش في المحيطات. وتأخذ الشعبة إسمها من الفتحات الكثيرة أو الصغيرة أو الثقوب التي تتخلل جسم الأسفنج، وتتغذى تلك الحيوانات بسحب المياه داخلها خلال تلك الثقوب وترشح منها الأجسام الغذائية الدقيقة التي قد توجد بها (الشكل ٣٥-١).



الشكل ٣٥-١. تركيب اسفنج بسيط. تؤمن الاسفنجيات الغذاء والاكسجين من الماء الذي يتم سحبة باستمرار خلال ثقوبها.

ويتكون جسم الاسفنج من طبقتين من الخلايا مع طبقة من المادة الهلامية والمسماة ميزوجليا (Mesoglea) بينهما. ويوجد على الطبقة الداخلية من الخلايا أسواط تتسبب في حدوث التيارات المائية. وتستهلك تلك الخلايا كذلك الأجسام الغذائية التي ذكرت سابقا والتي تم ترشيحها من الماء.

ويأخذ الحيوان الاسفنجي شكلة المعروف بهيكل يتكون من أشواك (Spicules) مكونة بواسطة خلايا مبعثرة داخل منطقة الميزوجليا. وهذه الأشواك صلبة مكونة من سيليكا أو جير (كربونات كالسيوم). وبعض الإسفنجيات لاتملك تلك الاشواك ولكن تتماسك أجسامها بشبكة من الألياف المرنة الصلبة. ويمكن إصطياد الأسفنجيات الموجودة في المياه الاستوائية الضحلة بغطاسين، وبعد تجهيزها تباع لاغراض التنظيف. والكائنات المثبتة في مكان ما لابد من أن يكون لها وسيلة لنشر إنتاجها من حيوانات الاسفنج لأماكن جديدة.

ويمكن للاسفنجيات هذه إنتاج يرقات صغيرة تعوم حرة، تعوم تلك اليرقات بعيدا عن الاسفنجة الأم، وبعد أن تجد سطحاً ملائما تثبت نفسها وتنمو إلى حيوان بالغ.

وتدل بقايا الحفريات على أن الاسفنجيات كانت من أوائل أشكال الحياة الحيوانية التي ظهرت على الأرض. ولم يظهر حتى الآن ما يدل على أنه نشأ من تلك الاسفنجيات أشكال حيوانية أخرى. وعلى العموم فان الاسفنجيات تشغل مكانا مميزاً في المملكة

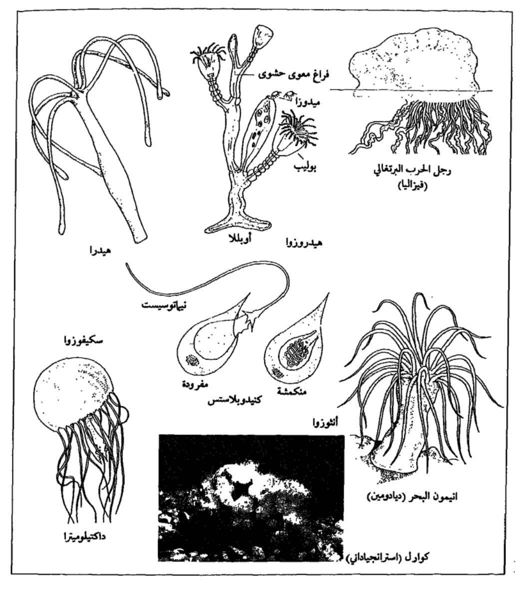
الحيوانية ووضعها بعض علماء التقسيم في تحت مملكة خاصة هي تحت مملكة بارازوا (Parazoa).

٣٥-٣: الكنيداريات (شعبة الكنيداريا)

THE CNIDARIANS (PHYLUM CNIDARIA)

تملك كل أفراد تلك الشعبة خلايا لاذعة خاصة يطلق عليهم اسم كنيدوبلاستات (Cnidoblasts) والتي أخذت منها الشعبة اسمها. كل كنيدوبلاست تحتوي على خيط مملوء بمادة سامة تسمى نيماتوسست (Nematocyst) (شكل ٣٥-٢). وعند لمس زوائد حيوان الكنيداريان تفرغ النيماتوسست محتوياتها التي تستخدم في إحداث الشلل في فريستها وكذلك في الأحوال الدفاعية. ويتكون جسم كل أفراد تلك الشعبة من طبقتين من الخلايا مع وجود مادة الميزوجليا (Mesoglea) بينهما وتملك طبقة الميزوجليا خلايا صغيرة بداخلها والتي يعتبرها بعض علماء الأحياء طبقة ثالثة من الخلايا. والحيوان عبارة عن أسطوانة مجوفة ولها فتحة واحدة في أحد طرفيها ويدخل الغذاء من تلك الفتحة (الفم) وإلى الفراغ الداخلي المسمى بالفراغ الجهازي المعوي (Gastrovascular) ويسمى الفراغ الداخلي كذلك كولنترون (Coelenteron) وتوجد مجموعة من الحيوانات تسمى الأمشاط الهلامية (Combjellies) ضمن تلك الشعبة، اذ أن لها نفس الفراغ الداخلي ولكنها لاتحتوي على الخلايا اللاذعة المسماة كنيدوبلاستات وجميع الأجزاء مثل الزوائد (Tentacles) في حيوان الكنيداريان مرتبة في دائرة حول الجسم الأسطواني للحيوان كما في النظام الاشعاعي، فاذا ما قطع حيوان هيدرا من الرأس (المنطقة الامامية) إلى القاعدة (المنطقة الخلفية) من أي منطقة فانه ينقسم إلى نصفين متشابهين تماما. وعلى العكس من ذلك الانسان اذ يوجد مسطح واحد فقط في منطقة واحدة ممكن أن تقسم جسم الانسان إلى نصفين متشابهين وهي تلك التي تمر من منتصف ظهر الانسان إلى منتصف الجسم في الجهة الامامية منه (الشكل ٣٥-٣) وعلى هذا فان جسم حيوان الكنيداريان الشعاعي التكوين ليس له منطقة ظهرية وأخرى بطنية أو جانب أيمن و آخر أيسر.

ويعرف من تلك الشعبة الآن نحو ٩٠٠٠ نوع معظمها يعيش في المحيطات ولو أن القليل منها مثل الهيدرا *(Hydra)* (شكل ٣٥-٢) يوجد في المياه العذبة. والشعبة مقسمة



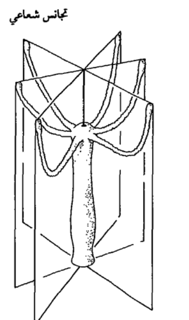
الشكل ٣٥-٢ . اشكال من الكنيداريانات . اغلب الأفراد من هذه الشعبة تعيش في المياة المالحة .

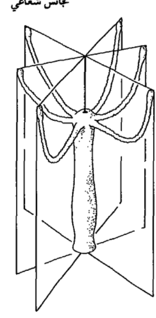
إلى ثلاث طوائف هي .

١ ــ طائفة الهيدروزوا CLASS HYDROZOA

إن سهولة الحصول على عينات من هيدرا المياه العذبة جعلته أكثر الحيوانات التي يقوم بدراستها طلبة علوم الأحياء . ومع أن هذا الهيدرا يمثل الصفات الأساسية للشعبة إلا أنه لايعتبر النموذج الأمثل للشعبة أو حتى للطائفة للأسباب التالية :

أولا : لانه ليس كالغالبية العظمى لأفراد الشعبة ، فهو يوجد في المياه العذبة . ثانيا :



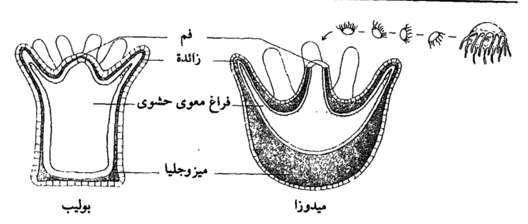


الشكل ٣٥-٣. الحيوانات ذات التجانس الشعاعي تعيش مثبتة في بقعة واحدة او تتحرك بكسل شديد.

فهو يوجد في حالة إنفرادية بخلاف معظم أفراد الطائفة التي توجد في مستعمرات. وثالثا فجسم الهيدرا يمثل شكلا معينا واحدا(بوليب Polyp) (الشكل ٣٥-٤) بخلاف معظم أفراد الطائفة التي تمثل نوعا ثانيا من الاشكال (ميدوزا Medusa) والتي منها ما يوجد طافيا فوق سطح الماء أو يعوم حرا في الماء مما يساعد على إنتشار النوع. وبالرغم من الاختلاف في المظهر الخارجي إلا أن الميدوزا يمثل أساسا بوليب في وضعة المقلوب والشكل رقم ٣٥-٢ يبين شكلي النوعين السابقين كما يوجدان في الحيوان *(Obelia)* والذي يعتبر نموذجا مثاليا للطائفة.وجدير بالذكر أن رجل الماء البرتغالي *(physalia)* والذي تسبب النيماتوسستات (Nematocysts) فيه حالات تسمم قد تكون مميتة للانسان، يتبع هذه الطائفة. ويتكون هذا الحيوان الأخير من مثانة عائمة مملوءة بالغازات والتي يبتدئ منها سلاسل طويلة من الـ (Polyp).

٢ ـ طائفة سكيفوزوا CLASS SCYPHOZOA

الشكل السائد لجسم الحيوانات المعروفة باسم أسماك الجيلي Jelly Fishes التي تمثل هذه الطائفة هو الميدوزا. والجيلي هي ببساطة ميزوجليا مكبرة تحمل زوائد ميدوزا الخلايا اللاذعة والتي قد تسبب بعض الأنواع منها آلاما حادة للسباحين.



الشكل ٣٥ـ٤ . الشكلان من الاجسام الموجودة في الكنيداريانات . الميدوزا مقلوبة لمشاهدة تشابهها الاساسي للبوليب . وسمك الجيلى (ميدوزا) ما هو الا ميزوجليا مكبر جدا .

٣ ـ طائفة الأنثوزوا CLASS ANTHOZOA

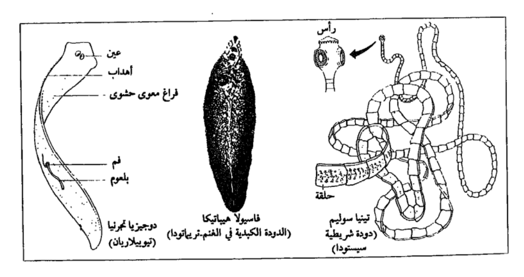
تحتوي هذه الطائفة على الحيوانات المعروفة باسم شقائق البحر (Sea anemones) والمرجان (Corals) والتي تمثل طور البوليب (Polyp) فقط . ويفرز المرجان مأوى له من الجير الذي يعتبر مسئولا عن تكوين الصخور المرجانية في المناطق الاستوائية . ويمثل شكل (٣٥ـ٢) النوع *Astrangia darnae* ، هو من الانواع القلائل التي توجد في المياة الشمالية .

٣٥ـ٤ : الديدان المفلطحة (شعبة الديدان المفلطحة)

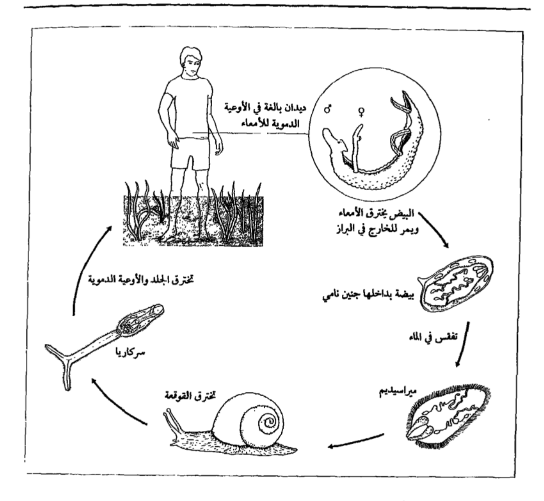
THE FLATWORMS (PHYLUM PLATYHELMINTHES)

تحتوي هذه الشعبة على نحو ٩٠٠٠ نوع ، والكثير منها يشبة الشريط ومتماثلة الجانبين ، لها جهة يمنى وأخرى يسرى وسطح علوي وآخر سفلي ومنطقة أمامية وأخرى خلفية . والظاهر أن النظام المتناظر له علاقة وثيقة بالحركة . وكثير من الديدان المفلطحة في المياه العذبة والمسماة بلاناريات (Planarians) سريعة الحركة ، عند إلتصاقها بسطح تحت سطح الماء فهي تفرز تحتها طبقة لزجة ثم تدفع نفسها للامام في حركة التفاف على هذا المخاط اللزج بضرب الأهداب الموجودة على سطحها السفلي . وعند وجود حيوانات البلاناريا حرة في الماء فهي تعوم بثنى أجسامها في حركات لولبية سريعة مما يسهل لها البحث عن غذائها بنشاط .

ويرتبط مع التماثل الجانبي وجود مجموعة من أعضاء الحس عند الطرف الأمامي لجسم الحيوان. وتمتلك حيوانات البلاناريا عند طرفها الأمامى أعضاء حس للضوء واللمس والاهتزاز وكلها لمقابلة الاختلافات البيئية التي يقابلها الحيوان، تسمى مجموعة أعضاء الحس هذه في رأس الحيوان باسم (Cephalization) ويدخل غذاء حيوانات البلاناريا عن طريق الفم الموجود على السطح السفلي منه إلى فراغ جهازي معوي يشبه المثانة، يخرج الغذاء الغير مهضوم عن طريق الفم أيضا كما هو الحال في الهيدرا. والديدان المفلطحة التي تعيش حرة والتابعة لطائفة تربلاريا (Class Turbellaria) ليست معقدة التركيب كما هو الحال في حيوانات بلاناريا المياه العذبة. وجدير بالذكر أن بعض علماء الأحياء يعتبرون حيوانات طائفة التربلاريا أنها أكثر الحيوانات المتماثلة جانبيا أولية، وربما نشأت كما في حيوانات شعبة الديدان المفلطحة من هذه الطائفة. وعلى العموم توجد ديدان صف التربلاريا الآن في التربة الرطبة والمياه المالحة وكذلك المياه العذبة. وتعتبر حيوانات طائفتين من طوائف شعبة الديدان المفلطحة حيوانات متطفلة كلية، فالطور الكامل للدودة الكبدية Flukes (طائفة التريماتودا Class Trematoda) يبقى ملتصقا بعائلة بواسطة ممصات على سطحة السفلي. والكثير ينتج يرقات متطفلة ولكن على عائل آخر وهو في الغالب نوع من القواقع. وديدان الرئة والكبد (الشكل ٣٥-٥) طفيليات خطيرة على الانسان وحيوانات أخرى ولو أنه في الوقت



شكل ٣٥-٥ . امثلة للديدان المفلطحة . الدودة الشريطية ليس لها جهاز هضمي . (الصورة بتصريح من تيرتوكس) .



شكل ٣٥ ـ ٦. دورة حياة دودة الدم المفلطحة *Schistosoma manson*. بمجرد وجودها داخل العائل البديل، قوقعة، قد ينتج ميراسيديم واحد نحو ٢٠٠,٠٠٠ سركاريا معدية. كلا الجنسين لابد من ان يصيبا الانسان اذا ما اريد للدودة ان تستمر وبزيادة استخدام الرى في المناطق الاستوائية، تزداد فرصة اصابة الانسان بشكل مخيف.

الحاضر تمثل ديدان الدم أخطرها على الأطلاق. فكثير من أنواع جنس *Schistosoma* تصيب الانسان خاصة في المناطق الاستوائية منذ عصور التاريخ الأولى، لكن بناء نظم الرى الحديثة في المناطق التي كانت معتبرة صحراوية كما في مصر مثلا حيث تم بناء سد أسوان أوجد البيئة المناسبة لديدان الدم هذه لتكملة دورة حياتها (الشكل ٣٥-٦) مما جعل الأمراض المتسببة عن هذه الديدان والمسماة Schistosomiasis من أخطر المشكلات الصحية في هذا العصر. والديدان الشريطية Tapeworms (طائفة سيستودا Class Cestoda) كما هو الحال في الديدان الكبدية (Flukes) هي ديدان

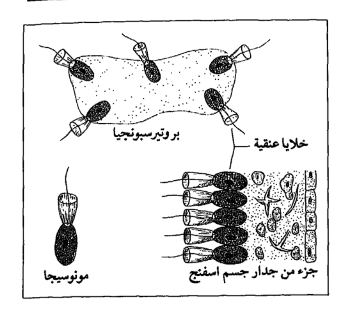
متطفلة، إذ تعيش الديدان البالغة في أمعاء عائلها وتمتص المواد الغذائية المحيطة بها. وفي بعض الانواع تزداد الديدان الشريطية في الطول لتبلغ ٦٠ قدما أو أكثر. وتحتاج أغلب الديدان الشريطية إلى عائلين أو أكثر لتكملة دورة حياتها. ويصاب الانسان بالديدان الشريطية عند تناولة طعاما غير تام النضج من السمك أو اللحم البقرى، يوضح شكل ١٧ـ١ دورة حياة الدودة الشريطية تينيا سوليم *Taenia solium*.

٣٥ـ٥ : منشأ الحيوانات THE ORIGIN OF ANIMALS

من أي شيء نشأت الحيوانات؟ ببساطة لا نعرف. فلقد حدث ذلك في العصور قبل الكامبريانية (Pre-Cambrian) ولم توجد أي حفريات تضيء لنا الطريق. لذلك فاننا مضطرون لاختبار أدلة مثل الأعضاء المتشابهة، التشابه في نظام المنشأ الجيني، حتى التشابهات الكيمياء ـ حيوية ـ وكلها في نماذج حية ـ وذلك لتقديم الأساس لتأملاتنا.

وبينما ظهرت نظريات كثيرة لتوضيح منشأ الحيوانات فانها كلها تقع في مجموعتين واضحتين. المجموعة الاولى تقول أن الحيوانات عديدة الخلايا نشأت نتيجة تكوين مستعمرات من الخلايا، ثم تخصصت بعض تلك الخلايا داخل المستعمرة لتكوين أعضاء متخصصة من أعضاء الحيوان، وجود خلايا حلقية عنقية في الاسفنجيات تشبه الحيوانات السوطية وحيدة الخلايا يؤيد نشوء الاسفنجيات بهذه الطريقة (الشكل ٣٥ـ٧).

وربما نشأت الحيوانات الاخرى خلاف الاسفنجيات بمثل الطريقة السابقة، ولو أن بعض علماء الأحياء يعتقدون أن الحيوانات نشأت من خلايا أولية تعيش في مستعمرات ولكن على شكل كرة مجوفة من الخلايا (تشبة الفولفوكس *Volvox* أحيانا في المظهر) (شكل ٣٣ـ١٢) ويؤيد هذه النظرية تركيب البلانيولا Planula هذا الطور اليرقى للكثير من الكنيداريات (Cnidarians) إذ تبدأ البلانيولا حياتها ككرة مجوفة من الخلايا، ثم هجرة بعض الخلايا السطحية لليرقة المذكورة للداخل مكونة طبقتين من الأنسجة ثم يتكون بعد ذلك الفراغ جوف معوى للحيوان البالغ. وتعتبر الديدان المفلطحة التي تحتوي على فراغ جوف معوى له فتحة واحدة من سلالة الكنيداريات. وفي الواقع فان بعض الديدان المفلطحة لها خلايا لاذعة تستخدمها لأغراض دفاعية.



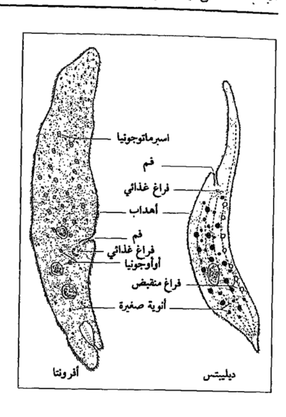
شكل ٣٥-٧. وجود خلايا عنقية في الاسفنجيات يجعلنا نعتقد ان هذه الحيوانات العديدة الخلايا نشأت من اشكال تجمعية مثل البروتيروسبونجيا. وهي بدورها قد تكون قد نشأت من اشكال وحيدة الخلية.

ويوجد شرح آخر لمنشأ الحيوانات يوضح بأنها نشأت من حيوانات أولية هدبية ذات أهداب طويلة وذات أنوية متعددة مبعثرة في السيتوبلازم، وتنمو أغشية تحيط بكل من الأنوية مكونة خلايا عديدة منفصلة تنشأ منها الحيوانات العديدة الخلايا. وفي الواقع فان بعض الديدان المفلطحة الصغيرة تشبة الحيوانات الأولية الهدبية في نواح عدة، منها أن أجسامها عبارة عن كتلة من السيتوبلازم المحتوي على عدة أنوية، وطريقة حركتها وتغذيتها تشبة إلى حد كبير الأوليات الهدبية.

٣٥-٦: الديدان الاسطوانية: شعبة النيماتودا

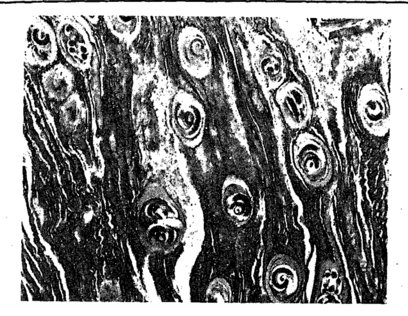
THE ROUND WORMS (PHYLUM NEMATODA)

الديدان الاسطوانية أو النيماتودا حيوانات مستطيلة ومستديرة، هي تختلف عن الديدان المفلطحة (والتي ربما تكون قد نشأت منها) في وجود قناة هضمية تمتد من الفم في الأمام إلى فتحة الشرج في الخلف مما يمنع إختلاط الغذاء الداخل مع الفضلات الخارجة. وبعد دخول الغذاء من فتحة الفم يبدأ هضمة خطوة تلو الخطوة بمروره في قطاعات القناة الغذائية المختلفة، في النهاية يخرج الغذاء الغير مهضوم من فتحة الشرج. وللنيماتودا فراغ جسم بين القناة الهضمية وبين جدار الجسم وفي الفراغ توجد أعضاء داخلية مختلفة منها الأعضاء التناسلية. وأغلب ديدان النيماتودا صغيرة الحجم، ولكن القليل منها كالاسكارس *Ascaris* قد يبلغ القدم في الطول، وبعضها الذي يتطفل على



شكل ٣٥-٨. دودة مفلطحة سينليتيال (يسار) مقارنة مع حيـوان اولي هدبي (يمين). الخـلايا الحقيقية الوحيدة في افرونتا هي الأوأوجونيا، الاسبرماتوجونيا.

الحيتـان قد يصـل إلى ثلاثة أمتار في الطول. ويمكن تمييز ديدان النيماتودا بحركتها التمـوجية وهي تكثـر في الـتربـة الغنية بالمـواد العضوية. وأمكن معرفة مايقرب من ١٠٠٠٠ نوع من ديدان النيماتودا، هي تعيش في كل مكان، إذ توجد في المياه العذبة والمياه الملحية وفي التربة، أما عن الطفيليات فهي تعيش في أجسام النباتات والحيوانات ومعظم ديدان النيماتودا تعيش حرة، ما يهم الانسان منها هي الأنواع المتطفلة لاهميتها، أخـطرها الديدان الخطافية التي تعيش في المناطق الدافئة وتمتص الدم والسوائل من عائلهـا. والاصابة الشديدة بتلك الديدان الخطافية تسبب الضعف والهزال، وتنشأ الاصابة بالمشي عارى القدمين على تربة موبؤة ببراز الانسان. وفي وقت من الأوقات، أصيب نحـو ٢ مليون من سكـان جنـوب شرق الـولايات المتحـدة الامريكية بهذه الديدان، زيادة الرعاية الصحية للسكان ولبس الأحذية قلل من الاصابة بها لدرجة كبـيرة. وتبعا للاحصائيات الحديثة فانه يوجد بالولايات المتحدة الامريكية اكثر من أربعة ملايين فرد أصيبوا بشدة بالدودة الحلزونية (من ديدان النيماتودا). *Thichinella spiralis* وتـأتي الاصابة بسبب تناول لحم خنزير نيىء أو غير مطبوخ جيدا ويحوي هذه الدودة (الشكل ٣٥-٩). ويجب افتراض ان جميع لحوم الخنزير مصابة بتلك الدودة نظرا



الشكل ٣٥-٩. يرقات التريكينيلا الحلزونية متحوصلة في عضلة خنزير (تكبير ٢٥ مرة).

لقصور التفتيش عن وجود هذه الدودة بواسطة المسؤولين. وجدير بالذكر أن الدودة المذكورة تقضى بعض أطوارها في عضلات الانسان الذي بموته تموت الدودة تبعا لذلك. هذا ولقد تسببت الاصابة الشديدة بهذه الدودة في حدوث بعض الوفيات. ويصاب الانسان، خاصة الاطفال، كذلك بأنواع اخرى من ديدان النيماتودا كالاسكارس *(Ascaris)* والديدان السوطية (Whip Worms) والديدان الدبوسية (Pin Worms) وكلها تعيش في الامعاء. وتنتشر الاصابة بها بسبب الاهمال في اتباع العادات الصحية السليمة. ومع ذلك فان الاصابة بتلك الديدان ليست شديدة ويمكن العلاج منها بسهولة. ويجب علاج الكلاب الموجودة بكثرة في المنازل دوريا من دودة الاسكارس. أما عن دودة الفلاريا (Filaria) التي تسبب مرض الفيل (Elephantiasis) فهي احدى ديدان النيماتودا المتعددة التي تصيب الانسان في المناطق الاستوائية (شكل ٢٣-٢١).

ولن يصبح حصرنا للديدان النيماتودية كاملا الا بذكر مقدار الضرر البالغ الذي تسببه تلك الديدان للمحاصيل الزراعية كالبرتقال والفراولة. ولا تتسبب تلك الديدان في موت تلك المحاصيل بل تضعفها لدرجة كافية تجعلها عرضة للاصابة بآفات أخرى. وفي السنوات الاخيرة فقط تنبه الباحثون الزراعيون إلى أن الاصابة بالنيماتودا كانت السبب في فقد نسبة كبيرة من المحاصيل سنويا.

٣٥-٧ : الديدان الحلقية (شعبة الديدان الحلقية)

ANNELID WORMS (PHYLUM ANNELIDA)

أجسام الديدان في هذه الشعبة مقسمة إلى حلقات أي مكونة من وحدات متشابهة متتابعة، ولو أن بعض الأجهزة كالجهاز الهضمي مثلا يمتد بطول الجسم، إلا أن البعض الاخر كأعضاء الاخراج فتكون مكررة في كل حلقة من حلقات الجسم، يظهر الجسم من الخارج كسلسلة من الحلقات المتتابعة (الشكل ٣٥-١٠).

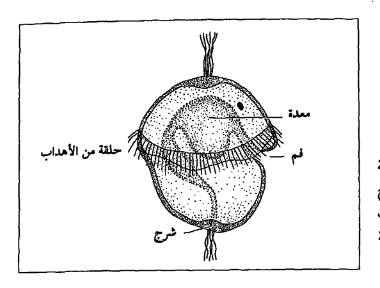
ومن خواص الديدان الحلقية الاخرى أنها جانبية التماثل، ووجود جهاز دورى كامل قادر على دفع الدم في أوعية دموية مقفلة، كما يوجد جهاز عصبي نامي نسبيا، يسير الحبل العصبي الرئيسي بطول السطح السفلي للدودة.

ومن خواص الديدان الحلقية كذلك، التي لاتوجد في الحيوانات الاولية، وجود فراغ مملوء بسائل مما يساعد على حركة الاجهزة الداخلية وكذلك تسهيل حركة جسم الدودة.

وهذا الفراغ مبطن من الداخل بطبقة ميزودرمية. ومنشأ هذا الفراغ في الجنين يختلف عن منشئه في الحيوانات الفقارية (انظر القسم ١٨-٣)، إذ أنه عند الانقسام الجنيني المبكر تتكون خلايا ميزودرمية خاصة داخل الجنين، الانقسام الميتوزى لهذه الخلايا ينتج عنه كتلة من النسيج الميزودرمى، يلي ذلك ظهور فراغ داخل تلك الكتلة



شكل ٣٥-١٠. امثلة للديدان الحلقية. أعلى: دودة أرض (أوليجوكتا). وسط: كلام (دودة) (بوليكيتا). اسفل: علق (هيرودينيا).



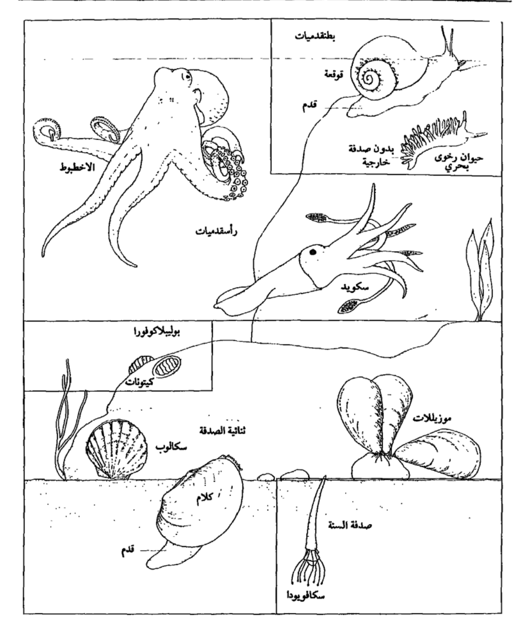
الشكل ٣٥-١١. يرقة تروكوفورا، وهي تنتج بواسطة أفراد عدة شعب حيوانية منها الديدان الحلقية والرخويات.

الميزودرمية، ثم يكبر هذا الفراغ بعد ذلك مكونا الفراغ الجوفي المذكور . ولقد تم وصف ٨٩٠٠ نوعا من الديدان الحلقية تابعة لثلاث طوائف (Classes) أكبرها طائفة بوليكيتا (Polychaeta) التي تحتوي على الديدان البحرية مثل دودة الكلام (Clam Worm) الشكل ٣٥-١٠)، وتنتج هذه الديدان يرقات تعوم حرة في الماء تسمى (Trachophores) (الشكل ٣٥-١١). وتتبع دودة الأرض العادية وعدد من ديدان المياه العذبة طائفة (Oligochaeta) ويتبع الطائفة الثالثة والمساة (Hirudinea) أنواع العلق الطبي (Leeches) (الشكل ٣٥-١٠).

٣٥-٨. الرخويات (شعبة الرخويات)

MOLLUSKS (PHYLUM MOLLUSCA)

تعتبر شعبة الرخويات من أهم شعب المملكة الحيوانية التي تعيش على سطح الارض في وقتنا هذا، إذ تضم نحو ١٠٠,٠٠٠ نوعا. وتتكون أفراد الشعبة من حيوانات رخوة غير مقسمة إلى حلقات (فيما عدا الحيوانات التي يحميها غطاء أو أكثر صلب مكون من كربونات الكالسيوم يسمى صدفة) . وتنشأ تلك الاغطية الصلبة (Shells) أو المصاريع (Valves) من جدار الجسم المسمى قلنسوة (Mantle) وتعيش أغلب الرخويات في المياه المالحة ولو ان الكثير منها ايضا يعيش في المياه العذبة والبعض الاخر يوجد على اليابسة. وتنقسم تلك الشعبة إلى ثلاث طوائف رئيسية وعدد أخر من الطوائف الاقل أهمية، والطوائف المذكورة هي :



الشكل ٣٥-١٢. أمثلة للرخويات.

١ ـ طائفة ذوات المصراعين: CLASS BIVALVIA

تعتبر الكلامات (Clams) ، والقواقع (Oysters) ، الاسكالوب وغيرها حيوانات جانبية التماثل ولذلك فهي قليلة الحركة ، والحيوانات المتحركة منها يمكنها الانتقال من مكان إلى آخر بواسطة قدم عضلي سميك يخرج من بين المصراعين (شكل ٣٥-١٢).

والكثير من حيوانات ذوات المصراعين تكون غذا جيدا للانسان، كما تنمو اللالىء بواسطة بعض أنواع الـ (Oysters).وعلى الوجة الاخر تسبب دودة البواخر وهي تابعة لهذه الطائفة أضرارا بالغة للقوارب والمراكب الخشبية، إذ تحفر تلك الدودة أنفاقا في الأخشاب الموجودة أسفل سطح الماء بواسطة الصمامات الصلبة.

٢ ــ طائفة ذوات المصراع الواحد (جاستروبودا) CLASS GASTROPODA

تحتوي هذه الطائفة على القواقع العادية ذات المصراع الواحد الذي يغطى الجسم من اعلى (Snails) وكذلك الحيوانات عديمة المصاريع (Slugs) والغطاء أو المصراع الواحد هذا حلزوني الشكل كما هو الحال في أجهزة الحيوان الداخلية. اليرقة فقط جانبية التماثل بخلاف الحيوان البالغ فليس له تماثل بالمرة. تتغذى القواقع المذكورة بكحت غذائها بواسطة عضو يشبه اللسان يسمى راديولا (Radula).وللقواقع رأس واضحة تحمل زوجا من الأعين المحمولة على نتوئين بارزين. وتعيش معظم الانواع في المياه المالحة ولو أن البعض يعيش في المياه العذبة وعلى اليابسة. والقواقع الارضية (أو قواقع الحدائق عديمة المصاريع Slugs) داكنة اللون في حين أن مثيلاتها التي تعيش في البحار فألوانها زاهية ومزخرفة.

ولو أن بعض أنواع القواقع تكون غذاء شهيا للانسان، الا ان الضرر الناتج عنها يفوق بكثير فوائدها الغذائية. فكثير من القواقع البحرية (مثل Oyster drill) تتغذى على القواقع ذوات المصراعين الهامة تجاريا، الأهم من ذلك هو الضرر البالغ الذي تحدثه بعض القواقع الأرضية (Snails , Slugs) للمحاصيل الزراعية في بعض أجزاء العالم وتكون بعض تلك القواقع عائلا وسطيا للديدان المفلطحة. ومع هذا فان بعضا من تلك القواقع يدخل السرور في قلوب جامعيها من السواحل البحرية.

٣ ــ طائفة السفالوبودا: CLASS CEPHALOPODA

يتبع هذه الطائفة الأنواع المعروفة من الاخطبوطيات Nautilus, Squid, Octopus وكلها لها رأس جيدة النمو تحمل عيونا ظاهرة ومحاطة بحلقة من الاذرع (عددها ثمانية في الاخطبوط، وعشرة في الاسكويد) التي تساعد في الحركة وامساك الفريسة. جميع أفراد هذه الطائفة تعيش في المياه المالحة.

وتعتبر حيوانات طائفة السفالبودا أعقد أفراد الشعبة، كما تحتوي على أكبر الحيوانات اللافقارية حجما حيث ثبت وجود أخطبوط طولة ٢٨ قدما، سكويد طولة ٦٠ قدما. وللاسكويد طريقة عجيبة في الحركة والدفاع إذ يمكنه التحرك بسرعة كبيرة بدفعه بقوة تيارا من الماء من تحت القلنسوة. وعند الخطر، يستخدم الاسكويد مقدرته هذه في دفع الماء للهرب وذلك بافرازه سائلا حبريا داكنا في الماء وبذلك يختفى عن عدوه. وعموما فان الاخطبوط والاسكويد يعتبران غذاءا هاما للانسان في بعض مناطق العالم.

٤ ــ طائفة سكافوبودا: CLASS SCAPHOPODA

وهي القـواقـع المسننة وعددها قليل وبحرية إذ تقضى طورها اليرقى مدفونة في الـرمـل، تتغذى بترشيح الكائنات الدقيقة من الماء الذي تسحبة عن طريق الفتحة الموجودة في الجزء البارز الموجود في نهاية الصدفة.

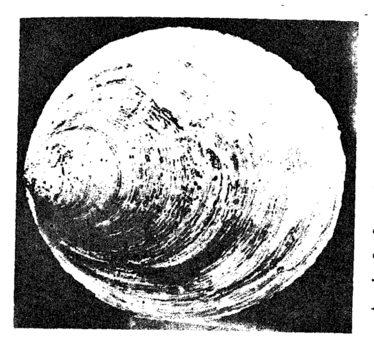
٥ ــ طائفة البوليبلاكوفورا: CLASS POLYPLACOPHORA

الكيتونات حيوانات تعيش مختفية على الشواطىء، تتكون صدفتها من عدة (غالبا ثمانية) صفائح موجودة فوق بعضها البعض.

٦ ــ طائفة المونوبلاكوفورا: CLASS MONOPLACOPHORA

الى حيـن ظهـور أفـراد الجنـس *Noopilina* (الشكل ٣٥-١٣) عام ١٩٥٢ م كان المعتقد ان أفراد هذه الطائفة قد اندثرت منذ ملايين السنين. هذا القوقع هام من النـاحية العلمية، إذ أنه بجانب وجود صفات الشعبة على سطحة الخارجي الا أنه مقسم إلى حلقات داخلية مما يدل على وجود تشابه بينه وبين الديدان الحلقية. وكون ان الرخويـات تنتج ايضا يرقات تروكوفـور (Trochophore) لهو دلالة اضافية على وجود صلة أو علاقة بينها وبين الديدان الحلقية. وعموما فان فراغ الجسم (Coelom) الموجود في الديدان الحلقية موجود أيضا في القواقع ولكنه مصغر جدا.

ولو أن القواقع الاولى كانت مائية إلا ان إستعمار اليابسة بالنباتات جعل الكثير منها ينزح إلى الارض. ووجود الصدفة للحماية وكون ان الاخصاب في هذه الشعبة داخلي، بجـانب القلنسوة التي تعمل كالرئة، ساعد على النزوح من الماء إلى اليابسة. ونظرا



الشكل ٣٥-١٣ . نيوبيلينا. هذا الحيوان الرخوى الاولى اكتشف عام ١٩٥٢، ويختلف قليلا عن أقرب الحيوانات اليه، وهو حيوان بيلينا، والذي انقرض منذ ٣٦٠ مليون سنة (من تقدير جالاثيا).

لنجاح الرخويات عامة في التطور والبقاء على مر العصور، فانها أصبحت الآن أحد أكثر ثلاثة شعب في تعدادها التي تعيش على سطح الارض. وجدير بالذكر أن بعض الصدف الذي يكسو تلك القواقع بلغ ١٥ قدما في الطول. وفي عصر الميوزويك كانت أفراد الأمونيتات Ammonites (من شعبة الرخويات) هي السائدة في البحار على جميع الحيوانات اللافقارية.

٣٥-٩ : مفصليات الأرجل (شعبة مفصليات الأرجل)
THE ARTHROPODS (PHYLUM ARTHROPODA)

إذا وضع في الحسبان أعداد الانواع التي تتكون منها أية شعبة حيوانية، فان شعبة مفصليات الارجل تعتبر أهم شعبة على وجه الارض في يومنا هذا. ولقد تم وصف اكثر من ٧٠٠٠٠٠ نوع منها حتى الآن، هو عدد يفوق عدد جميع أنواع المملكة الحيوانية الأخرى، إلا أنه لازالت هناك أنواع جديدة يتم إكتشافها في البيئات المختلفة. وتمتلىء المياه العذبة والملحية والتربة وتقريبا كل سطح الأرض بحيوانات مفصليات الأرجل. وفي الواقع فإن حيوانات مفصليات الارجل تعتبر الوحيدة التي تسكن في داخل المنطقة القطبية وعلى الثلج وعلى السفوح الصخرية لأعالي الجبال.

وجميع أفــراد هــذه الشعبــة بجسمــهــا المقسم إلـى حلقـات والمحــاط بغـلاف خارجـي صلــب و مفصلي و مكـون أساس من مادة الشيتين (Chitin) (N-acetylglucosamine) (انـظر الشكـل ٣٣-١٤). والحيوان المفصلي متناظر جانبيا ويحمل أزواجا من الزوائد المفصلية المرتبة على جانبي الجسم. والزوائد المفصلية هذه بجانب وظيفتها في الحركة فهي أيضا قد تساعد في تناول الغذاء وقد يكون لها وظائف حسية أو دفاعية أو هجومية.

وبخلاف ما يوجد في الديدان الحلقية، فان حلقات حيوانات مفصليات الأرجل تختلف في تركيبها من الأمـام إلى الخلف، توجد تلك الزوائد المفصلية على الرأس والصدر والبطن. والجهاز الدورى في مفصليات الأرجل من النوع المفتوح (بعكس ما هو موجود في الديدان الحلقية)، إذ أن الدم هناك يوجد داخل أوعية مقفلة. ويجرى الجهاز العصبي المركزي في مفصليات الأرجل، كما في الديدان الحلقية، على الجهة البطنية للحيوان.

تحت شعبة ترايلوبيتومورفا: SUBPHYLUM TRILOBITOMORPHA

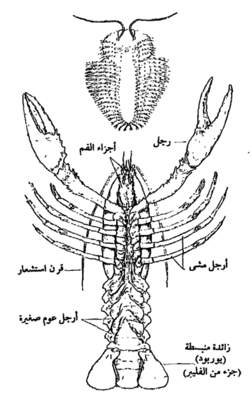
من بين الحفـريات العديدة التي وجدت في العصر الكامبرياني وجدت حفريات مفصليات الأرجل المعـروفـة باسم ترايلوبيت (Trilobites) وهي حيوانات مقسمة إلى حلقـات ولهـا أزواج من الـزوائـد المفصلية وهيكـل خارجي يشـابه ذلك الموجود في مفصليات الأرجل الحديثة. ويمكن التخمين بأن الزوائد الأمامية كانت تستخدم في تناول الغذاء والخلفية في الحركة، الا أنها جميعا متشابهة في التركيب (الشكل ٣٥-١٤).

تحت شعبة شيليسيراتا: SUBPHYLUM CHELICERATA

في أفراد تحت الشعبة هذه يندمج الرأس مع الصدر مكونان معا ما يسمى بالرأس الصدرى (Cephalothorax) والزوج الأول من الزوائد المفصلية محور إلى ملامس (Chelicera) ومنـه أخذت تحت الشعبة اسمها. لايوجد قرن استشعار في أفراد هذه التحت شعبة والتي تتبعها الطائفتين التاليتين:

١ ــ طائفة ميروستوماتا: CLASS MEROSTOMATA

اندثر معظم أفراد هذه الطائفة الان والتي كانت حيوانات مائية تسمى Eurypterids

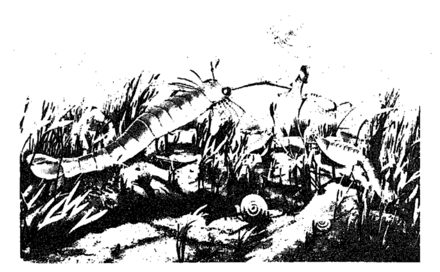


شكل ٣٥-١٤. حيوان ترايلوبيت (اعلى) وجمبري للمقارنة. الزوائد المفصلية المزدوجة في الجمبري تظهر تخصصا وظيفيا وتركيبا اكثر من زوائد الترايلوبيت.

التي ظهرت أولا في العصر الكمبرياني (الشكل ٣٥-١٥)، كانت تلك الحيوانات أكبر حيوانات مفصليات الأرجل حجما إذ وصل حجم أحد أنواعها إلى اكثر من تسعة اقدام في الطول. هذا وربما نشات حيوانات هذا العصر من الترايلوبيت، وعموما اندثرت الترايلوبيتات واليوريبتريدات في نهاية العصر الباليزوى. والحيوان الوحيد الموجود في العصور الحديثة من هذه الطائفة هو الحيوان المسمى ليمولاس *(Limulus)* (أو سرطان حدوة الحصان) (الشكل ٣٥ - ١٦) الذي لم يتغير منذ نشأة الجنس في العصر الترياسي منذ ٢٠٠ مليون سنة.

٢ ـ طائفة العنكبوتيات CLASS ARACHNIDA

نشأ أفراد هذه الطائفة من اليوريبتريدات، كانت عند نشأتها مائية ثم نشأت منها الأفراد الأرضية في الزمن السيليورياني (Silurian) ويتبع هذه الطائفة الآن العقارب والحلم والقراد والعناكب (الشكل ٣٥-١٧). تتنفس تلك الحيوانات الهواء الجوى وتتحرك بواسطة أربعة أزواج من الأرجل المفصلية. وتعتبر أنواع الحلم والقراد من الطفيليات الضارة بالانسان والحيوان إذ ينقل القراد عددا من الأمراض مثل حمى جبل



الشكـل ٣٥ـ١٥. اعـادة تركيب أعده فنان للحياة المائية. في العصر السيلورياني. الحيوان ذات الحلقـات هو يوريبتـيرون، مجموعة مندثرة الان من الميروستومات المائية. (بتصريح من المتحف الحلقى للتاريخ الطبيعي).

روكى (Rocky Mountain Fever) وتلدغ العقارب وبعض العناكب فريستها لدغا مؤلما ومن تلك العناكب النوع المسمى بالأرملة السوداء الموجود في أمريكا الشمالية (ولو ان لدغتها ليست قاتلة للانسان البالغ).

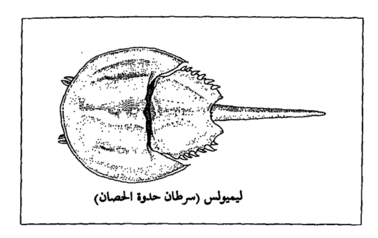
تحت شعبة مانديبولاتا SUBPHYLUM MANDIBULATA

لأفـراد هذه التحت شعبة زوج من الفكوك العليا تستخدم في التغذية ولها قرون إستشعار ويتبعها أربعة طوائف رئيسية هي :

١ ـــ طائفة القشريات (CLASS CRUSTACEA)

ظهر أفراد هذه الطائفة لأول مرة في العصر الكامبرياني وأقرب أقربائها حيوانات الـتريلوبيتـات. الأفراد لها أرجل مشى وملاقط وأجزاء فم خاصة (بها فكوك عليا) وقرون إستشعار (زّوجان) (الشكل ٣٥ـ١٨).

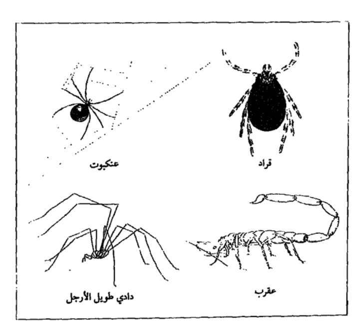
والـرأس والصدر في القشريات مندمجان لتكوين الرأس الصدري. وتحتوي هذه الطائفة الجمبري واللوبستر وسرطان البحر وغيرها. وتعيش القشريات في المياه العذبة



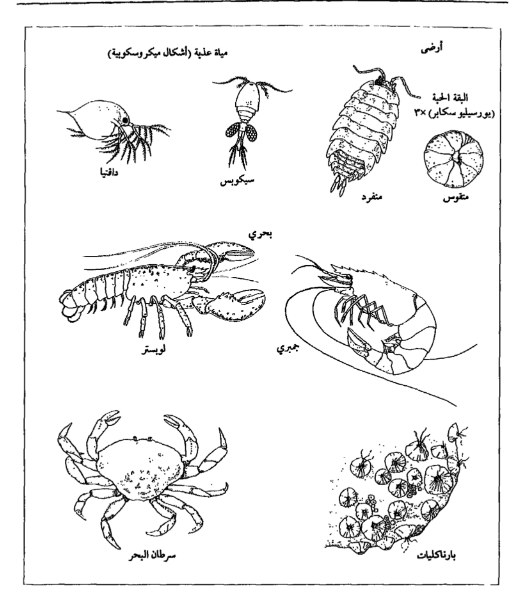
شكل ٣٥-١٦ . هذه الحفرية الحية وجدت في البحر بدون تغيير لمدة ٢٠٠ مليون سنة .

والمالحة فيما عدا القليل منها الذي يعيش تحت الأحجار وكتل الأخشاب . وتتنفس جميع الأفراد بالخياشيم ويختلف حجمها من الصغير جدا الذي لايرى الا بالمجهر إلى الكبير كاللوبستر وسرطان البحر الذي يزن عدة كيلو جرامات .

ويعتبر الجمبري واللوبستر وسرطان البحر غذاء هام في بعض بقاع العالم، كما أن القشريات ايضا غذاء هام للأسماك والثدييات ويتغذى الحوت الأزرق الكبير الذي يبلغ طولة نحو ١٠٠ قدم أساسا على القشريات .



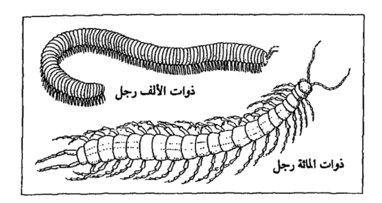
شكل ٣٥-١٧ . أمثلة للتعنكبوتيات . هذه المفصليات الارجل لها اربعة ازواج من الارجل ولايوجد بها قرون استشعار.



شكل ٣٥-١٨ . أمثلة للقشريات. هذه الطائفة من مفصليات الارجل نجحت تماما في المعيشة في البحار.

٢ ــ طائفة الشيلوبودا CLASS CHILOPODA

وهي الحيوانات المعروفة باسم عديدات الأرجل أو ذوات المائة رجل Centipedes (الشكل **٣٥-١٩**) وهي حيوانات طويلة ومفلطحة وتحمل كل حلقة خلف الرأس زوجا من الأرجل. وهي حيوانات مفترسة تتغذى على الحيوانات بمساعدة الزوج الأول من الأرجل الذى يحمل غددا سامة.



الشكل ٣٥-١٩ . ذوات الالف رجل لها زوجان من الارجل على كل حلقة، ذوات المائة رجل لها زوج واحد فقط على كل حلقة.

٣ ـ طائفة الدبلوبودا : CLASS DIPLOPODA

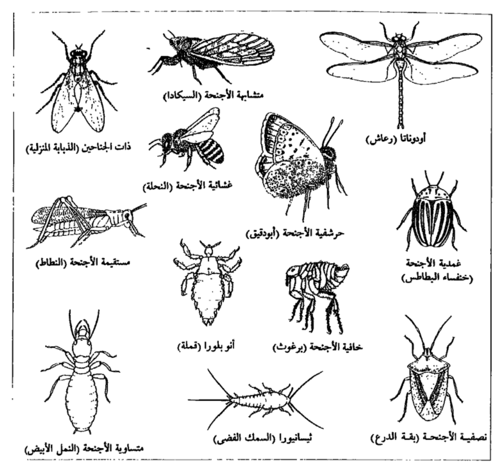
تسمى أفراد هذه الطائفة بذوات الألف رجل Mellipedes (الشكل ٣٥-١٩)، تختلف عن حيوانات ذوات المائة رجل في أن كل حلقة تحمل زوجين من الأرجل. الحيوانات جسمها أكثر إستدارة عما في ذوات المائة رجل وهي تتغذى على الأعشاب. وربما نشأت حيوانات ذوات المائة والألف رجل في العصر الديفوني ولو أن حفرياتها لم تظهر إلا في العصر الكربوني.

٤ ـ طائفة الحشرات CLASS INSECTA

نشأت الحشرات في العصر الديفوني وأصبحت أفراد هذه الطائفة هي السائدة على الأرض عن غيرها من طوائف مفصليات الأرجل الأخرى، وتوجد في كل مكان فيها عدا المياه المالحة (حيث تسود القشريات). ومعروف من الحشرات الآن أكثر من ٧٠٠,٠٠٠ نوع أي أكثر من نصف الأحياء الحيوانية الأخرى الموجودة على وجه الأرض (ويتم الآن إكتشاف نحو ١٠,٠٠٠ نوع من الحشرات سنويا).

يقسم جسم الحشرة إلى ثلاثة مناطق: الرأس والصدر والبطن، يتكون الصدر من ثلاث حلقات واضحة يحمل كل منها زوجا من الأرجل. وأغلب الحشرات في طورها البالغ لها زوجا أو زوجين من الأجنحة على الصدر، كما أن لها زوجين من قرون الأستشعار على الرأس.

تقسم طائفة الحشرات إلى رتب مختلفة تبعا لتطورها وتركيب أجنتها وأجزاء فمها، الشكل (٣٥-٢٠) يوضح بعضا من تلك الرتب.



الشكل ٣٥ـ٢٠ . امثلة للرتب الرئيسية في الحشرات . جميع الحشرات لها ثلاثة ازواج من الارجل .

وأمكن للحشرات أن تعيش في الأماكن الجافة إذ أن هيكلها الخارجي غير منفذ للماء ويحمى أجسام الحشرات من الموت بسبب الجفاف . يحدث تبادل الغازات في الحشرات بواسطة جهاز التنفس المكون من القصبات الهوائية (انظر قسم ٢١ـ٥) والتي تخترق كل أجزاء الجسم . والزوائد المزدوجة المفصلية والمزودة بمخالب لاتساعد فقط على الحركة بل تساعد أيضا في تناول الغذاء . وتقوم الفكوك العليا والفكوك السفلي بتناول الغذاء إما بالثقب أو المضغ أو الهرس .

واكتسبت الحشرات أيضـا صفـة هامة تمكنها من العيش على الأرض وهي وجود الأجنحة للطيران (وكانت الحشرات أول الأحياء التي استخدمت الأجنحة للطيران) . الأخصاب الداخلي ونمو الجنين داخل بيضة غير منفذة للماء سهل تقابل الحيوان المنوي

للذكر والبيض في الأنثى بدون مساعدة الماء. وأخيرا فان مقدرة الحشرات على إخراج نفاياتها المحتوية على نيتروجين على شكل حمض يوريك يعتبر تطورا هاما لملاءمة المعيشة في المناطق الجافة وذلك لأحتياج حمض اليوريك لأقل كمية من الماء لاخراجه وكذلك لأمكانية الحشرات في إستخدام هذا الماء القليل ثانية في المستقيم لأخراج برازها الذي يعتبر جافا نسبيا.

ونـظرا للكفاءة الكبيرة الموجودة في تركيب ووظيفة الحشرة فهذا جعلها من أنجح الكائنات الموجودة على الأرض، وهي تعيش في كل مكان ـ فيما عدا المحيطات، ولذلك فهي منافسنا الرئيسي على الغذاء.

٣٦ـ١٠ : شعبة الأونيكوفورا PHYLUM ONYCHOPHORA

لاتدلنا الحفريات إلا قليلا على الصلة الموجودة بين ذوات المائة رجل وذوات الألف رجل والحشرات أثناء تطورها. وعلى العموم فيوجد حيوان حى الآن يسمى بريباتس *Peripatus* يؤيد النـظرية القائلة بأنها أي شعبة الأونيكوفورا نشأت من حيوان دودى الشكل مقسم إلى حلقات. وحيوان البريباتس هذا (الشكل ٣٥ـ٢١) له تقسيم داخلي وزوجـا من أعضاء الأخراج يشبه النفريديا في كل حلقة وجدار جسم عضلي أملس وكلها تشبه ما هو موجود في الديدان الحلقية. خلاف ذلك فالجهاز الأخراجي والتناسلي يحمـلان أهدابا كما هو الحال في الديدان الحلقية، كذلك الجهاز الهضمي والعصبي والأرجـل تشـابه مثيلاتها في الديدان الحلقية. ولكن من الناحية الأخرى فان أرجل الـبريبـاتس تحمـل مخالبـا تشبه مخالب أرجل الحشرات، الكيوتيكل فيها المكون من الشيتـين ينسلخ دوريا بأكملة كقـطعـة واحدة متكاملة، كما هو الحال في مفصليات الأرجـل. الجهـاز الـدورى مفتوح ويمر الدم في فراغ الجسم الكبير. وتتنفس تلك الحيوانات بالقصبات الهوائية، يشبه النشوء الجنيني فيها مثيله في مفصليات الأرجل.

ومن المؤكـد أن الـبريبـاتس ليس هو منشأ ذوات المائة رجل وذوات الألف رجل والحشرات، ولكن ربما يدل تركيبه التشريحي الغريب على أنه ربما يكون قد حور قليلا من أسلاف نشأت منها كذلك مفصليات الأرجل. ولقد وجدت حفريات الأونيكوفورا جنبا إلى جنب مع حفريات التريلوبيتات والقشريات والديدان الحلقية. ونظراً لوجود أنواع جنس بريباتس ولو بأعداد قليلة معزولة في أواسط وجنوب أمريكا الشمالية وأفريقيا



الشكل ٣٥-٢١. البرياتس. هذا الحيوان الصغير له صفات الديدان الحلقية والحشرات. ويصنف في شعبته الذاتية، الاونيكوفورا. كانت الشعبة في يوم من الايام واسعة الانتشار، وهي الان توجد فقط في اماكن منعزلة من المناطق الاستوائية. (بتصريح من مؤسسة وارد للعلوم الطبيعية).

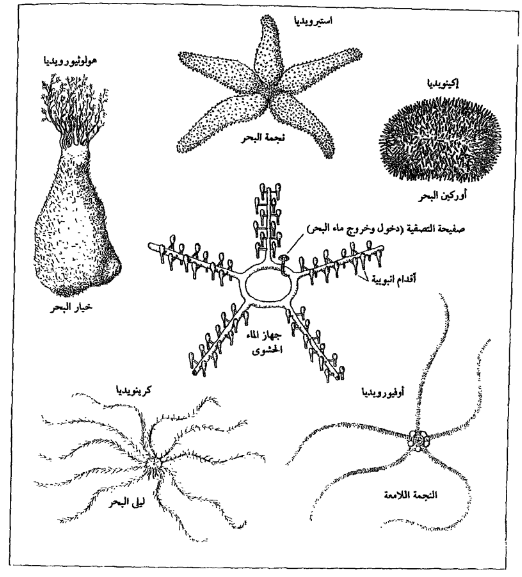
وآسيا وأستراليا فذلك دلالة على أنها أواخر سلالات مجموعة من الحيوانات كانت مزدهرة في يوم من الأيام.

٣٥-١١ : شوكيات الجلد (شعبة شوكيات الجلد) :

THE ECHINODERMS (PHYLUM ECHINODERMATA)

تشمل هذه الشعبة نحو ٦٠٠٠ نوعا تعيش كلها في الماء المالح ، أهم صفاتها جلدها الشوكى ونظامها الشعاعي، وربما من أهم صفاتها أيضا جهازها المائي (شكل ٣٥-٢٢) الغريب إذ تدخل مياه البحر في جهاز مكون من أنابيب حيث تعمل تلك المياه على زيادة اتساع تلك الأنابيب والمسماة بالأقدام الأنبوبية (Tubefeet) وتوجد ممصات على أطراف تلك الأقدام الأنبوبية تعمل على تثبيتها على الأسطح الصلبة. هذا وتنقسم الشعبة إلى خمسة طوائف.

وتشبه أفراد زنابق البحر (Sea Lilies) (طائفة كرينويديا Class Crinoidea) النباتات العادية في مظهرها التي يعيش الكثير منها محمولا على ساق (Stalk) الذي يلتصق بدورة على أي كائن تحت سطح الماء، لذلك كان الشكل الشعاعي لأفراد تلك الشعبة عامة مناسبا لها أكثر من أي شيء آخر. وجميع أفراد تلك الشعبة تنتج يرقات



شكل ٣٥-٢٢ . امثلة لشوكيات الجلد. كل أفراد الشعبة تعيش في المياه المالحة ، ولها جلد شوكي وجسمها شعاعي التجانس (كحيوانات بالغة)، وتتحرك ببطء بمساعدة اقدامها الانبوبية. امتداد وانكماش الانبوبة القدمية يسببه حركة مياه البحر الداخلة والخارجة من الجهاز المائي الحشوي.

متناظرة الجانبين تسبح حرة في الماء، ربما يفسر هذا أن شوكيات الجلد الشعاعية نشأت من أسلاف متناظرة الجانبين. ويتكون جسم السمكة النجمية (Starfish) من قرص مركزي يحتوي على الفم ومحاط بخمسة أذرع، تستطيع السمكة النجمية (طائفة أستيرويديا Class Asteroidea) الحركة بمساعدة أقدامها الأنبوبية ولكن ببطء شديد. والسمك النجمي هام للأنسان من الناحية الأقتصادية ، إذ يتغذى على

الحيوانـات الصدفية (ذات المصراعين). أما عن النجوم البراقة، (Brittle stars) (طائفة أوفيوررويديا Class Ophiuroidea) فهي تختلف عن السمك النجمي إذ أن لها أذرع رفيعة تخرج من القرص المركزي أو الوسطى وتتحرك تلك الأذرع حركة سريعة وتشاهد النجوم البراقة بكثرة بجوار بعضها البعض على قاع المحيطات.

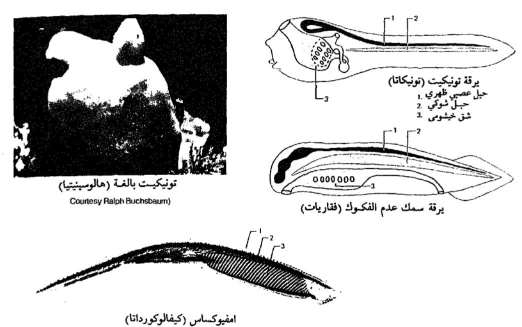
ولقنـافـذ البحـر (Sea urchins) والـدولارات الـرملية (Sand dollars) (طائفة إكينويديا Class Echinoidea) هيكل مجوف ذو سطح مجعد يشبه الصندوق، ويتصل بسطح الصندوق أشواك قد تطول في بعض الأنواع. وتوجد بجسم تلك الحيوانات صفـوف من الفتحـات التي تسمـح بامتداد الأقدام الأنبوبية للخارج. وتمكن تلك الأشواك والأقدام الأنبوبية الحيوانات من التحرك ببطء. هذا وتؤكل قنافذ البحر أحيانا في بعض المناطق الساحلية من العالم.

وخيـار البحـر (Sea Cucumbers) (طائفة هولوثيورويديا Class Holothuroidea) لها جدار جسم خارجي جلدى القوام وليس لها أذرع كما أنه ينقصها الهيكل. وعند مضايقة تلك الحيوانات فانها تنقبض بشدة حتى يزداد الضغط الداخلي الذي يسبب إنفجار جدار الجسم العضلي، وبذلك تخرج للخارج أجهزتها الداخلية ومعها مادة لزجة جيلاتينية تعوق الحيوانات المفترسة مما يعطى فرصة لخيار البحر بالهرب بعيدا حتى يمكنها أن تبدأ في بناء ما فقدته من أجزائها المفقودة من جديد.

٣٥-١٢ : الحبليـات (شعبـة الحبليـات) :

THE CHORDATES (PHYLUM CHORDATA)

تحتوي شعبة الحبليات على نحو ٤٤,٠٠٠ نوع وكلها جانبية التماثل ولها بعض نظام التقسيم إلى أجزاء، كما يوجد هيكل داخلي. وهي تختلف عموما عن بقية الكائنات الأخرى بثلاث صفات رئيسية (الشكل ٣٥-٢٣): (١) فكل الحبليات لها حبل ظهري (Notochord) مرن وخيطى الشكل ولو في أحد أطوارها من النمو على الأقل، يقع هذا الحبل فوق القناة الهضمية ويمد الجسم بدعامة داخلية كافية. وفي أغلب الحبليات يحل محل هذا الحبـل عمـود فقـري قبل الوصول إلى سن البلوغ أو النضوج. (٢) جميع الحبليات لها في بعـض أطوار نموهـا أزواج من الجيوب الخشومية (Gill Pouches) وهي



تونيكيت بالغة (هالوسينيتيا)

يرقة سمك عدم الفكوك (فقاريات)

امفيوكساس (كيفالوكورداتا)

شكل ٣٥-٢٣ . ثلاثة حبليات . ولو ان الاشكال البالغة لهذه الحيوانات الثلاثة تختلف بشكل واضح ، ولكنها في وقت من الاوقات تظهر الثلاثة صفات الرئيسية للحبليات والمكتوبة في الشكل (الامفيوكسس بتصريح من تيرتوكس) .

جيوب جانبية من الزور ويدل عليها من الخارج أزواج من الشقوق . وفي الحبليات المائية تعمل الجيوب الخيشومية طريقالها للخارج مكونة شقوق الخياشيم (Gill slits) وهذه الجيوب تسمح بخروج الماء الذي يدخل عن طريق الفم ويمر فوق تلك الخياشيم . وفي الحبليات الارضية لا تعمل الجيوب الخيشومية طريقا لها للخارج ولكنها تتحور كثيرا أثناء الأطوار التالية من النشوء . (٣) تمتلك كل الحبليات حبلا عصبيا مجوفا ينمو على السطح العلوي للجسم فوق الحبل الظهري ، ويكبر هذا الحبل العصبي عند مقدمته كثيرا مكونا المخ .

تتكون هذه الشعبة من ثلاث تحت شعب أكبرها جميعا تحت شعبة الفقاريات (Ver-tebrata) والتي تحتوي على جميع الحيوانات التي لها عمودا فقريا (مثل الانسان والأسماك والضفادع والثعابين والطيور وغيرها من الثدييات) . ونظرا لكثرة وجود الحيوانات الفقارية على سطح الأرض فذلك يجعلنا نقسم المملكة الحيوانية إلى فقاريات ولا فقاريات . وجدير بالذكر أن دراسة التحت شعبتين التاليتين والتابعتين لشعبة الحبليات هام من الناحية العملية إذ أن دراستها تفتح لنا الطريق لفهم المنشأ التطوري

للفقاريات .

تحت شعبة الرأس حبليات SYBPHYLUM CEPHALOCHORDATA

الحيوان الصغير (٥ سم) الممثل لهذه التحت شعبة الصغيرة كائن يشبه الأسماك ويسمى أمفيوكساس (Amphioxus) وطوال حياة هذا الحيوان يمتلك الأمفيوكساس حبلا ظهريا وحبلا عصبيا علويا مجوفا وفتحات خيشومية (شكل ٣٥-٢٣) ولو أن هذا الحيوان له القدرة على العوم إلا أنه يقضى معظم وقته مدفونا في الرمال بينما يقوم في نفس الوقت بترشيح الحبيبات الغذائية اللازمة له من الماء. وعموما فهو حيوان بحري يعيش دائما قرب الشواطيء .

تحت شعبة تونيكاتا (يوروكورداتا): SUBPHYLUM TUNICATA (UROCHORDATA)

توجد أفراد هذه التحت شعبة في المياه المالحة وتعيش بتناول الحبيبات الغذائية التي يمكنها اصطيادها من الماء الذي ترشحة عند دخولة من الفتحات الخيشومية الموجودة بالحيوان . يحاط الجسم بمادة تسمى تيونك (Tunic) والتي تحتوي على مادة السيليلوز التي لا توجد إلا في النباتات. والكثير من حيوانات هذه التحت شعبة يطلق عليها كذلك اسم (Squirts) إذ أنها تدفع بشدة التيارات المائية عند إنقباض جسمها فجأة.

وبخلاف وجود الفتحات الخيشومية على أجسام تلك الحيوانات، فمن الصعب معرفة سبب وضعها في شعبة الحبليات، إذ لا يوجد بها حبل ظهري أو أنبوبة عصبية ظهرية، ولكن السبب في وجودها تابعة لشعبة الحبليات هو كونها تنتج يرقات تسبح حرة في الماء، ولتلك اليرقات صفات الحبليات إذ يوجد بها الحبل الظهري والجهاز العصبي الظهري (الشكل ٣٥-٢٣) وفقط عندما ترسو اليرقات فوق أي مكان تحت الماء ويتم نموها لتصبح حيوانا بالغا فانها تفقد صفات الحبليات. ولسنوات عدة أضاف علماء الأحياء إلى شعبة الحبليات تحت شعبة ثالثة تضم حيوانات بحرية أولية، تسمى تلك الحيوانات بديدان الأكورن (Acorn worms) حيث أن لها شقوقا خيشومية وحبلا عصبيا علوياً (و آخر سفلي)، بجانب ذلك فبها عضو آخر كان يعتقد أنه آثار حبل ظهري. ولكثرة الشكوك التي حامت حول هذا الموضوع وتبعيتها لشعبة الحبليات فلقد تم وضع الديدان الأكورنية الآن في شعبة مستقلة تسمى شعبة

النصف حبليـات Phylum Hemichordata

٣٥-١٣ : ديتيروستـوميـا ، بروتـوستوميـا :
DEUTEROSTOMIA AND PROTOSTOMIA

تتقـاسم شوكيات الجلد والحبليات الكثير من الصفات التي لاتوجد في الشعب الحيوانية الاخرى، وخاصة أثناء نشوئها الجنيني.

فتكوين إنبعاج الجهاز الهضمي في جنين شوكية الجلد والحبليات (Gastrulation) يبدأ في الجنين من المنطقة التي ستصبح فتحة شرج، تنمو فيها بعد فتحة أخرى لتصبح فتحة الفم. وفي الشعب الأخرى التي لها قناة هضمية كاملة يبدأ حدوث الأنبعاج عند الجهـة التي سيتكون فيها الفم ولذلك وضعت الحبليات وشوكيات الجلد في مجموعة سميت ديتـيروستـوميا Deuterostomia (أي ذوات الفـم الثـانـي) ووضعت باقـي الشعب في مجموعـة سميت بروتوستوميـا (Protostomia) (أي ذوات الفم الأول).

وتوجـد صفات أخرى عديـدة تميـز الديتيروستوميـا من البروتـوستوميـا . وكمـا هو واضح في الشكل (١٨-١) فالأخاديد الأنقسامية (Cleavage furrows) في بيض الحبليات يحدث في مستويات منتظمة إما متعامدة على بعضها البعض أو موازية لبعضها البعض، في حين أنه في الحيوانات الأخرى (بخلاف مفصليات الأرجل التي لها طرق إنشقاق خاصة بها) فان مستوى حدوث الانقسام يكون حلزوني الشكل.

والخلايا التي تنتج عن الأنقسام الأول أو الثاني في شوكيات الجلد والحبليات قادرة على إنتاج جنين متكامل إذا ما أمكن فصلها عن بعضها البعض وبذلك يمكن أن تنتج شوكيات الجلد أو الحبليات توائم، في حين أن الخـلايا التي تنتـج عن الأنقسـام في حيوانات البروتوستوميا لايمكنها تكوين جنين متكامل أذ أنها تفقد بعضاً من جهدها ولذلك فلا يمكنها إنتاج توائم متماثلة.

وكـلا الـديتيروستوميـا والبروتوستوميا لها تجويـف (Coelom) ولكن تختلف طريقة تكوين هذا التجويف. ففي الديدان الحلقية ومفصليات الأرجل والرخويات ينشأ هذا التجـويف من انشقـاق كتلة من الخـلايا الميزودرمية التي نشـأت في الجنين، أما في

الحبليات والرخويات فينمو التجويف داخل طبقة من الخلايا التي إندفعت للداخل أثناء عملية الأنبعاج (Gastrulation).

ويوجد فرق كيميائي آخر يميز بين الديتيروستوميا والبروتوستوميا. فالمعروف (انظر الباب الثلاثين) أن مركب فوسفات الكرياتين يعمل كمخزن لطاقة الفوسفات العالية في عضـلات الانسـان وغيره من الفقاريات الأخرى. وكذلك في كثير من الحبليات اللافقاريـة (مثل الأمفيوكساس) وبعض شوكيات الجلد مثل (النجوم اللامعة). أما في معظم الفقاريات التي تم فحصها فقد وجدت بها مادة مشابهه وهي فوسفات الأرجنين والتي تؤدى على مايظن نفس وظيفة فوسفات الكرياتين. وتحتوي قنافذ البحر والديدان الأكورنية والتونيكات على إحدى هاتين المادتين السابق ذكرهما أو على كليهما.

ومن المقترحات التي يذكرها العلماء أن شعبة نيمرتينا Nemertina والتي لم تذكر من قبل، هي أصل شعب شوكيات الجلد والحبليات. وتحوى شعبة النيمرتينا هذه مجموعة صغيرة من الديدان المفلطحة والتي لها أهداب والتي نظن دائما أنها قريبة الشبه بالديدان المفلطحة ولكن الفرق الوحيد الهام الذي يميزها عن الديدان المفلطحة هو أن الأنبعاج في الجنين في شعبة النيمرتينا يؤدى إلى تكوين جهاز هضمي كامل له فم وفتحة شرج. ومع ذلك فانه في بعض أفراد شعبة النيمرتينا لايوجد في مكان الأنبعاج Gastrulation فم أو فتحة شرج إذ في أطوار متأخرة من النمو الجنيني تقفل فتحتا الفم والشرح وينشأ عندئذ الفم والشرج في الجهات المقابلة لهما.

وإذا ما افترضنا أن الديتيروستوميا من سلالة النيمرتينات (Nemertines) فلابد من كشف النقاب عن العلاقات التطورية داخل هذه المجموعة. فكل الحبليات جانبية التـماثل وشوكيات الجلد شعاعية التماثل (ولو أن يرقاتها جانبية التماثل)، هذا التماثل الشعاعي في الرخويات البالغة ماهو إلا ملاءمة ثانوية للمعيشة الخشنة التي تعيشها تلك الرخويات. وتدلنا الرخويات على أن شوكيات الجلد الأولى كانت تعيش في مجموعات ملتصقـة ببعضهـا البعض بواسـطة ساق (Stalk) ومـا زالت السلالات الحديثة لهذه الشوكيات جلديـة (مثل زنابق البحر Sea lilies) تعيش كمجموعات وتمر كلها في طور له هذا القضيب (Stalk).

ولقـد نجحت الشوكيات جلدية في الحياة في أماكنها المحدودة في المحيطات ومن

أفـرادها السابقين ذوى القضيب نشأت الصفوف للشعبة وهي قنافذ البحر والنجوم الـلامعـة والسمـك النجمى وخيار البحر (الشكل ٣٥-٢٢). وكثرة هذه الحيوانات وهيكلها الداخلي وحياتها البحرية سهل الحصول على حفريات كاملة توضح تطورها.

ويدعو موقف ديدان الأكورن إلى الدهشة، فوجود عضو بشبه الحبل الظهري بها وكـذلـك وجـود فتحات الخياشيم والجهاز الذي يعتقد أنه الجهاز العصبي المركزي الظهري جعل بعض علماء الأحياء يصفوها من ضمن الحبليات. كما أن قرابة ديدان الأكورن بالحيوانات الجلد شوكية لايدعو إلى الجدل أيضا إذ أن يرقات ديدان الأكورن لاتفترق عمليا عن ديدان خيار البحر. وتوجد فوسفات الكرياتين وفوسفات الأرجنين في ديدان الأكورن كما هي موجودة في قنافذ البحر. وأخيرا فان الأبحاث السيرولوجية المقارنة أنهت هذا الجدل إذ نمت أجسام مضادة إستجابة لبروتين ديدان الأكورن كما هو الحال بالضبط في الأستجابة لبروتين خيار البحر.

وبالرغم من التشابه الخارجي بين الأمفيوكساس والأسماك (شكل ٣٥-٢٣) إلا أنه لابد من النظر إلى منشأ الفقاريات من حيوانات تحت شعبة تونيكاتا (Subphylum Tunicata) كما أن فحص حيوان تونيكاتي بالغ مثل حيوان خوخ البحر *(Halocynthia)* لايدل على أنه أحد أسلاف الحيوانات الفقارية، إذ أن هذا الحيوان الذي يعيش في مجموعات ويتغذى بترشيح مكونات غذائه وإحتواء جدار جسمة على السيليلوز لايوجد له حبـل ظهـري كما أن جهـازة العصبي أثـرى. ولكن الغريب في الأمر أن يرقات الهالوسينثيا هذا تعوم حرة وجانبية التماثل ولها فتحات خيشومية وجهاز عصبي مركزي أنبوبى ظهري الوضع وذيل يجري بداخلة حبل ظهري. واليرقة المذكورة نموذج واضح لحيوان من الحيوانات الحبل ظهرية البدائية.

إلا أنه توجد صعوبة واحدة باقية، فالحفريات تدلنا على أن الفقاريات نشأت في المياه العذبة بينما جميع الحيوانات التونيكاتية تعيش في المياه الملحية ولكن قرب الشواطيء ولذلك فلربما قد هاجرت يرقاتها ودخلت في الفتحات النهرية. وربما أدت التيارات النهرية الثابتة في جريانها في إتجاه واحد فقط إلى جعل الحيوانات التي هاجرت اليها جانبية التـماثـل لملاءمـة المعيشـة النهـرية الجـديدة. ولذلك قد تكون تلك اليرقات التونيكاتية السابقة قد فقدت تطورها المعهود في التحول إلى حيوانات بالغة ونشأ عنها

بداية التطور إلى الحيوانات الفقارية . وفقدان التطور هذا لم يعرف في أمثلة أخرى غير ذلك، إلا أنــه يجب ألا ننسى الحيوان أكسولـوتل *Axolotl* (الشكل ٢٧-٦) الذي يبلغ طور النضج الجنسي وهو في حالة يرقة تتنفس بالخياشيم، هنا أيضا نرى أن نقص اليود في البيئة جعل تلك الحيوانات تنضج جنسيا في طور اليرقة أي في بقاء مسحة من الشبوبية .

ملخص الباب : CHAPTER SUMMARY

الحيوانات كائنات تتميز بما يلي: (١) ليس بها كلوروفيل، (٢) يمكنها الحركة أو على الأقل تحريك أجسامها عند إنقباض ألياف بأجسامها، (٣) عديدة الخلايا . وتقسم المملكة الحيوانية إلى **٢٥-٣٠** شعبة مختلفة، ثلاثة منها تسود باقي الشعب، الشعب الثلاثة هي الرخويات ومفصليات الأرجل والحبليات .

وأصل تطور هذه الحيوانات غير معروف وربما تكون تلك الحيوانات من أسلاف وحيدة الخلية أو ربما من تغيير الأنواع التي تعيش في مستعمرات أو ربما بالتكاثر في خلايا الأنــواع الكبـيرة المتعــددة الأنوية . ولا زالت العلاقة التطورية بين الشعب الحيوانية المختلفـة غير واضحـة ، فالأسفنجيات تبدو وكأنها عديمة الصلة بأية شعبة حيوانية أخرى، تقع الشعب الحيوانية الباقية في مجموعتين رئيسيين :

الديتيروستوميا (شوكيات الجلد والحبليات) والبروتوستوميا (باقي الشعب) . وتختلف الـديتـيروستـوميا والبروتوستوميا في عدة طرق أساسية منها: (١) نظام الانشقاق في الجنين، (٢) النمو المحتمل بخلايا ناتجة عن الأنشقاق، (٣) مكان وجود الأنبعاج (Gastrulation) في الجنين، (٤) الطريقة التي ينمو بها فراغ الجسم (Coelom) - (٥) نوع المركب الذي يخزن فوسفات الطاقة العالية في العضلات . وتحتوي شعبة الحبليات على تحت شعبتين من اللافقاريات وتحت شعبة واحدة من الفقاريات .

تمارين ومسائل : EXERCISES AND PROBLEMS

١ ــ لو أحضر لك شخص ما حيوانـا شعاعي التماثل، فما هي الأستنتاجات التي تصل اليها عن :

(١) مكان تواجده، (ب) قدرته على الحركة، (ج) طرق تغذيته .

٢ ــ بالنسبة إلى ما يلي، إذكر إذا ما كانت تبعيتها إلى البروتوستوميا أو الديتيروستوميا : (أ) يرقة التروكوفور،
(ب) التونيكيت، (ج) توائم متشابة،
(د) سكويد (هـ) خيار البحر.

٣ ــ ما هو أكبر الفقاريات وكذلك أكبر اللافقاريات التي تعيش في المحيط. هل يمكنك التفكير في سبب ذلك؟

٤ ــ يتكـون الهيمـوجلوبـين من بروتـين ملتصق عليه الهيم (Heme). توجـد الهيموجلوبينات في الفقاريات وبعض الرخويات، النيمارتينات Nemertines والـديدان الحلقية، الحشرات، القشريات والنيماتـودا وشوكيات الجلد وحتى النبـاتـات البقولية. هل وجود الهيموجلوبينات في تلك المجاميع المختلفة من حيوانات ونباتات يدل على وجود صلة قربى بينها. إن لم توجد أي صلة كيف تفسر تكرار تطور ظهور الهيموجلوبينات في تلك الحالات المستقلة السابق ذكرها؟

المراجع : REFERENCES

1 - GLAESSNER, M. F., "Pre-Cambrian Animals," Scientific American, Offprint No. 837, March, 1961.

2 - RUSSEL-HUNTER, W. D., A Biology of Lower Invertebrates, Macmillan, New York, 1968. Includes the sponges, cnidarians, roundworms, nemertines, annelides, and mollusks.

3 - BUCHSBAUM, R., Animals Without Backbones, 2nd ed. University of Chicago Press, Chicago, 1975.

4 - NICHOLAS, D., The Uniqueness of the Echnioderms, Oxford Biology Readers, No. 53, Oxford University Press, Oxford, 1975. A brief, well-illustrated survey of echnioderm features.

5 - BONE, Q., The Origin of Chordates, Oxford Biology Readers, No. 18 Oxford University Press, Oxford, 1972. Examines several theories of chordate evolution.

CHAPTER 36 الباب السادس والثلاثون

THE VERTEBRATES الفقاريات

الباب السادس والثلاثون

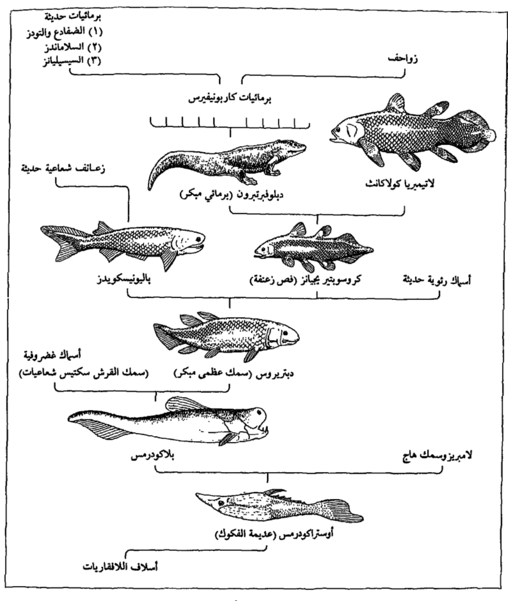
الفقـــاريـــات

٣٦ـ١ . الاسماك عديمة الفكوك (طائفة أجناثا)

THE JAWLESS FISHES (CLASS AGNATHA)

تعتـبر حفريات الاسماك عديمة الفكوك المسماة Ostracoderms أول مـا ظهر من الفقاريـات . وظهرت بعـض تلك الحفـريات في صخور الأوردوفيسيـان Ordovician ولكنهـا ظهرت بكثـرة في صخـور السيـلوريـان (Silurian) وكانت تلك الاسماك عديمة الفكوك صغيرة الحجم نسبياً (٦ـ١٦ بوصة) ومفلطحة (الشكل ٣٦ـ١) وربما كانت تعيش على امتصاص الفضلات العضوية من قاع المجاري المائية التي كانت تعيش فيها. أمّا عن تبادل الغازات فكان يحدث بواسطة أزواج من الخياشيم الداخلية التي كان كل خيشوم منها مدعماً بقوس عظمى . ويدخل الماء من الفم ثم يمر على الخياشيم ويدخل عبر جيوب خيشومية تفتح للخارج على سطح جسم الحيوان. ولم يمتلك هذا النوع من الاسماك أية زعانف بل كان يعوم بتحريك جسمة حركات التوائية .

وكان الجسم محاطا بصفائح عظمية والتي كانت تحميه من الإفتراس بواسطة أنواع اليوريبتـيريدات (Eurypterids) التي كانـت تعيش في نفـس البيئـة ، كمـا كانت هـذه الصفائح تقلـل من دخـول المـاء في بيئـة أقل قـوة (Hypotonic Environment). وعموماً كان لابد من تعريض الخياشيم للماء حتى لا يتوقف تدفق الماء داخل جسم السمكـة، كما كانت تلك الأسـماك تحدث إنقبـاضاً في عضلة القلب وبذلك أمكن استخدام الضغط الناشيء عن ذلك كطلمبة لدفع الماء ثانية إلى خارج الجسم . وربما



الشكل (٣٦-١) : تطور الأسماك والبرمائيات.

ورثت الأسماك عديمة الفكوك (The Ostracoderms) صفة وجود أنابيب إخراجية كالنفريديا بها من أسلافها (الديدان الحلقية)، نظراً لوجود نفروستوم (Nephrostome) في نهاية انبوبة النفريديا عند فتحة خروج الأنبوبة، مكن للنفرديا خاصية تبادل السائل النفريدي من الدم وذهابه إلى الأنابيب النفريدية ثم إلى خارج جسم السمكة. وبطبيعة الحال لابد من افتراض وجود فقد للمواد الهامة (مثل الاملاح) في تلك العملية مما يجعلنا أيضاً ان نفترض إمكانية إمتصاص تلك المواد ثانية بواسطة الانابيب النفريدية. ووجود

شبكة من الشعيرات لصرف الكبة (glomeruli) أمدت تلك الأسماك بالدم الكافي اللازم لعملية إمتصاص هذه الأملاح ثانية بواسطة الانابيب، هكذا كان منشأ أول كلية.

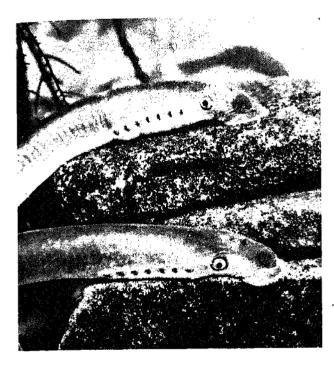
ولم توجد أجهزة أولية للاخراج، بل وجدت لحفظ التوازن المائي في البيئة المائية، ربما تم التخلص من الافرازات النتيروجينية (في الغالب أمونيا) عن طريق الخياشيم وهو مايطابق الموجودة في أسماك المياه العذبة الحديثة. وكان هذا النوع المذكور من الكلية الأساس لأنواع الاخراج والتوازن المائي التي ظهرت في صفوف الفقاريات الاخرى التي ظهرت فيها بعد.

وأنواع الأسماك عديمة الفكوك الموجودة حاليا هي اللامبريتات (Lamperys) وأسماك هاج Hagfishes فقط (الشكل ٣٦-٢) وهي أقل أنواع الفقاريات تطورا. وبجانب غياب الفكوك، فلا يوجد بها الزعانف المزدوجة، يبقى الحبل الظهري طوال حياة الفرد، ولا يستبدل هذا الحبل الظهري كلية بهيكل مصنوع من الغضاريف، كما لاتوجد على الجسم قشور بالمرة.

وبالرغم من بقاء الأسماك عديمة الفكوك منعزلة في دنيا الفقاريات، إلا أن النوع لامبري البحري يسبب مضايقات شديدة للانسان. فهو يتغذى بتثبيت نفسه على أجسام الأسماك العظمية بواسطة أجزاء فمة الماصة ويمتص سوائل أنسجة تلك الأسماك العظمية. وبعد انشاء قناة ويلاند (Welland) حول شلالات نياجارا أمكن لأسماك لامبري البحرية الهجرة إلى البحيرات العظمى من بيئتها البحرية السابقة. وفي وقت قصير أمكن لتلك الاسماك محو أسماك التراوت (Trout) في تلك البحيرات وبذلك إندثرت صناعة صيد أسماك التراوت التي كانت موجودة من قبل. والاكتشاف الحديث لأحد المواد الكيميائية المتخصصة والتي تقتل صغار اللامبري فقط دون غيرها من الأنواع الأخرى يبشر بالحد من ضرر هذا اللامبري والحفاظ على أعداد الأسماك الأخرى في البحيرات العظمى.

٣٦-٢ : البلاكودرميسات THE PLACODERMS

ظهرت مجموعة ثانية من الأسماك المصفحة في العصر الديفوني المبكر، هي الأسماك



الشكل (٣٦-٢): لاميري بروك. لاحظ وجود شقوق خياشيم وغياب الزعانف الزوجية (هانزراينهارد/ مؤسسة بروس كولمان).

المسماة بلاكودرمات (Placoderms) (الشكل ٣٦-١) والتي إختلفت عن سالفتها أسماك الأجناثا (الاسماك عديمة الفكوك) في صفتين أساسيتين هما وجود الفكوك ووجود أزواج الزعانف. ومكنت الفكوك تلك الأسماك من إفتراس الحيوانات الصغيرة وساعدتها الزعانف في الحركة وتمكينها من الاستقرار في الماء، ثم تحولت تلك الأسماك إلى كائنات ذات جسم مستدير بدلا من الأجسام المفلطحة التي تعيش على القاع كما هو الحال في أسماك الأجناثا السابقة.

واندثرت أغلب أنواع تلك الأسماك فيما بعد العصر الديفوني ولكن نشأ من البعض أنواع كانت سببا في ظهور صفين رئيسيين من صفوف الأسماك الحديثة وهي الأسماك الغضروفية (The Chondrichthyes) والأسماك العظمية (The Osteichthyes).

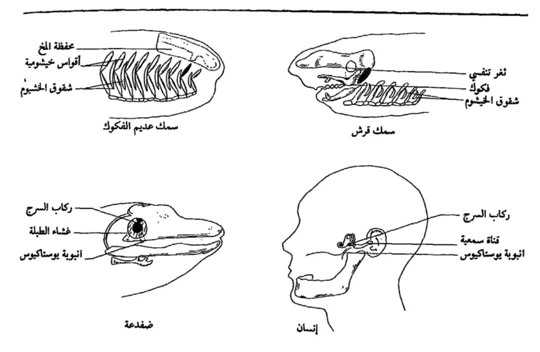
وامتاز العصر الديفوني بفترات جفت فيها بركا كثيرة ومجارى مياة أو أصبحت تلك الأماكن أصغر بكثير واكثر دفئا، لابد من أن تكون تلك التغييرات البيئية قد فرضت ضغطا إنتخابيا كبيرا على أسماك المياة العذبة للعصر الديفوني. وحلا لهذا الضغط الانتخابي كان أمام تلك الأسماك طريقان، أحدهما الرجوع إلى حياة المحيطات والاخر نمو رئات لاستنشاق الهواء الجوى لتمكينها من البقاء لفترات مؤقتة عند انتهاء المصدر المائي.

٣٦ـ٣. الاسماك الغضروفية (طائفة كوندريكثيز)
THE CARTILAGINOUS FISHES (CLASS CHONDRICHTHYES)

التقهقر إلى حياة المحيطات كانت هي الطريقة التي إتخذتها أوائل الأسماك الغضروفية في الهروب. واخذت هذه الاسماك (أسماك القرش الاولى كانت تختلف قليلا عن أسماك القرش الحديثة) اسمها من حقيقة ان هيكلها غضروفيا وليس عظميا. وكما في البراكودرمات، فان اسماك القرش (Sharks) لها فكوك نشأت عظامها من الزوجين الأوليين للاقواس الخشيومية (الشكل ٣٦ـ٣)، لذلك فان أحد أزواج الفتحات الخشيومية قد تلاشى لعدم الحاجة اليه. وجدير بالذكر ان هذا الزوج من الفتحات الخشيومية مايزال موجودا حتى الآن في بعض الأسماك الحديثة، يطلق عليه اسم الثغر التنفسي (Spiracle) وبجانب أسماك القرش يتبع هذه الطائفة الاسماك المعروفة بالاسكيتات (Skates) والشعاعيات (Rays).

وعند رجوع الأسماك الغضروفية الاولى إلى البحر تعرضت من مياه قليلة الملوحة (المياه العذبة) إلى مياه أكثر ملوحة (والموجودة في البحار) لذلك كان عليها بدلا من التخلص من المياه الزائدة من أجسامها أن تنمى طريقة يمكنها بها الاحتفاظ بالمياه داخل أجسامها لمواجهة آثار جفاف الجسم بسبب مياه البحار المالحة. ولقد أمكنها ذلك بتحويل مخلفاتها النيتروجينية إلى يوريا وحفظها بالدم إلى أن يتساوى الضغط الأسموزي للدم مع مثيله في مياه البحار. واليوم يحتاج ذلك إلى تركيز ٢,٥٪ وهو يزيد بكثير عن التركيز الموجود في الفقاريات الأخرى (٠,٠٢٪). وبما ان القدرة على الوصول إلى هذا التوازن الأسموزي في تلك الأسماك يبدأ في طور متأخر من النشؤ الجنيني، لذلك لايمكن وضع بيض مثل تلك الأسماك بدون حماية في الماء.

والحل الاول لذلك (أي حماية البيض) هو وضع البيض محاطا ببيئة سائلة مناسبة في حافظة غير منفذة يتم فيه النشؤ الجنيني، والحل الثاني هو ابقاء البيض حيث ينشأ الجنين بداخلة ـ داخل جسم الام إلى ان يستطيع المواءمة مع بيئة مياه البحار. ويتطلب هذان الحلان حدوث إخصاب البيض داخليا، وهذا، حدث في الاسماك الغضروفية إذ كانت أول الفقاريات التي نشأت فيها ظاهرة الاخصاب الداخلي، كما تحورت الزعانف الحوضية في ذكور تلك الأسماك لوضع الحيوانات المنوية داخل القنوات التناسلية للأنثى.



الشكل (٣٦-٣): التكوين التطوري لأول شق خيشومي وثاني (هيويد) قوس خيشومي للأسماك عديمة الفكوك. العظام المتجانسة للجزء العلوي للهيويد ترى ملونة.

٣٦-٤ . الاسماك العظمية (طائف اوستايكثيز):
THE BONY FISHES (CLASS OSTEICHTHYES)

حلت الاسماك العظمية المشكلة الثانية وهي مقاومة حدوث بعض فترات الجفاف، إذ تكون في تلك الأسماك زوج من النموات الخارجية من البلعوم على هيئة جيوب لاستخدامها كرئات أولية وتنتفخ تلك الجيوب بالهواء الخارجي الداخل عن طريق الفم. وتغطى أجسام تلك الاسماك بحراشيف وهو الأثر الوحيد الدال على أسلحة أسلافها بكونها عظام الجمجمة.

وبسرعة (و لازلنا في العصر الديفوني) تحولت الاسماك العظمية إلى ثلاثة مجاميع واضحة هي: الباليونيسكويدات (Paleoniscoides) والاسماك الرئوية (Lung fishes) والكروسوبتيرجيانات (Crossopterygians).

وتميزت الباليونيسكويدات بوجود الزعانف الشعاعية (زعانف خالية من العضلات والعظام) وتهوية الرئات عن طريق الفم. وهاجر الكثير من تلك الأسماك إلى البحر اثناء العصر البليوزويك المتأخر وعصر الميزويك. وفي بيئة مائية مستقرة لم تكن الحاجة

تستدعي وجود رئات بل إستعاضت عنها تلك الاسماك بمثانة عائمة يمكن للسمك عن طريقها تغيير طفوه في الماء. وجميع أسماكنا التجارية القيمة الحديثة (مثل السالمون والتونة والمكريل والتراوت والباس) من نسل هذه المجموعة.

ونشأت الأسماك الرئوية وهي تمتلك ظاهرة أو بدعة واضحة لم تمتلكها أسلافها من قبل، إذ أن فتحاتها الانفية الخارجية والتي كانت تفتح في الاوستايكثيات (Os-teichthyes) الأولى إلى الخارج فقط وكانت تستخدم في الشم كما هو الحال في سلالة الباليونيسكويد (Paleoniscoid) تكون لها فتحات داخلية جهة فراغ الفم مما مكن تلك الاسماك من تنفس الهواء اثناء قفل فتحة الفم. وتوجد الاسماك الرئوية الآن في أماكن محدودة من أمريكا الشمالية وأستراليا وأمريكا الجنوبية حيث تمكنها الرئات من البقاء في الاماكن التي قد يصيبها الجفاف (الشكل ٣٦-٤) ويوضح لنا التوزيع المتفرق لتلك الأسماك أنها من سلالات كانت في يوم من الأيام مجموعة واسعة الانتشار.

وبالحكم من الاسماك الرئوية الموجودة في يومنا هذا يمكن مشاهدة ظاهرتين من ظواهر الملاءمة الواضحة التي تطورت من تلك المجموعة من الاسماك. الظاهرة الاولى

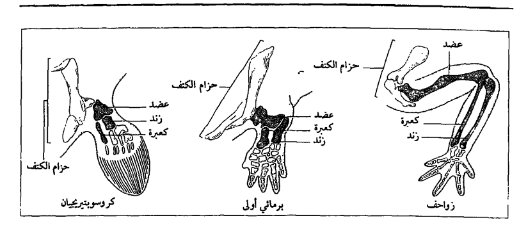


الشكل (٣٦-٤): سمك أمريكا الجنوبية الرئوى يوفر تقريبا كل الأوكسجين اللازم له بأخذ الهواء الى داخل الرئات. (هانز راينهارد/ مؤسسة بروس كولمان).

نشوء زوج من الاورطة وحاجز جزئي في أذين القلب مما يسمح على الاقل بالفصل الجزئي للدم المؤكسد الراجع من الرئة (او الرئات) والدم الذي فقد منه الاوكسجين (الدم الفاسد) الراجع من باقي اجزاء الجسم، مما يعطي كفاءة واضحة في تحسين أداء الجهاز الدوري (انظر قسم ٢٣ـ٦) . والظاهرة الثانية كانت نشوء النظام الانزيمي اللازم لتحويل الأمونيا إلى يوريا أقل سمية، يظهر هذا النظام الانزيمي بوضوح في الانواع الموجودة في أفريقيا وامريكا الجنوبية. فبينما نجد أن تلك الاسماك تفرز فضلاتها النيتروجينية في الماء على شكل أمونيا، كما هو الحال في جميع الاسماك ذات الزعانف الشعاعية، فانه في وقت الجفاف تدفن تلك الأسماك نفسها في الطين وتتحول إلى إنتاج اليوريا.

ولأسماك الكروسوبتيريجيانات (Crossopterygians) فتحات أنفية داخلية تمتلىء عن طريقها الرئات. وعلاوة على ذلك فإن زعانفها الحوضية والصدرية كانت لحمية ومدعمة بالعظام. وبالنظر إلى الشكل (٣٦ـ٤) يمكن ملاحظة أن نظام ترتيب العظام في تلك الزعانف (عظمة كتف متمفصلة مع عظمة واحدة وهذه بدورها متمفصلة مع عظمتين أخرتين وهكذا) وهو النظام الذي تراه حاليا في جميع الفقاريات ذوات الأربعة أرجل، إذ أن كل عظام أرجلنا وأذرعنا مشابهة لتلك الموجودة في الزعانف الحوضية والصدرية لاسماك الكروسوبتيريجيانات.

وتدلنا بقايا الحفريات على أن الاسماك الرئوية القديمة، مثل بعض السلالات (De-scendants) الحديثة، كانت تحفر في الطين وتبقى ساكنة اثناء فترات الجفاف. وأمكن لأسماك الكروسوبتيريجيانات معالجة تلك المشكلة بطريقة أفضل إذ أن زعانفها المفصصة مكنتها من المشي من مستنقع يبدأ في الانحسار إلى مستنقع آخر للبحث عن ظروف أفضل. فوجود الرئات والزعانف المفصصة مكنها من إرتياد أماكن جديدة غيرة آهلة وهي الأرض. وأحد سلالات أسماك الكروسوبتيريجيانات التي كانت سباقة لذلك هي البرمائيات، في حين أن سلالات أخرى فعلت العكس، مثل معظم أسماك العصر الديفوني، إذ إتجهت إلى البحر. ومن تلك الأخيرة أسماك الكولاكانثات (Coelacanths) التي نجحت في الحياة في البحار لفترة معينة ولكنها إندثرت قرب نهاية العصر الميزوكي أي منذ ٧٠ مليون سنة. والذي يدعو للدهشة أنه في عام ١٩٣٨م تم إخراج سمكة حية من أسماك الكولاكانث (لاتيميريا *Latimeria*) من أعماق



الشكل (٣٦-٥): النشوء التطورى للطرف الأمامي الرباعي من الزعنفة الصدرية للكروسوبتيريجيان.

المحيط أمام سواحل أفريقيا الشرقية، منذ ذلك الوقت أمكن إصطياد أكثر من دستتين (٢٤ سمكة) من أسماك الكولاكانث، ومازالت تلك الاسماك الحية لها أزواج من الرئات مثل أسلافها القدامي ولكن أصبحت تلك الرئات متوقفة عن العمل.

وأطلق على العصر الديفوني إسم عصر الأسماك وهو إسم يمثل الواقع نظرا للتشعب الكبير لمواءمة البيئات المختلفة التي وجدت في تلك الحقبة من الزمن، فلقد زاد تعداد أسماك المياه العذبة والمياه المالحة تبعا لذلك. وعموما فانه عند قرب نهاية العصر الديفوني ظهرت أول مجموعة جديدة من الفقاريات ألا وهي البرمائيات وهي أول حيوانات فقارية من ذوات الأربعة أرجل (Tetrapods).

٣٦-٥: البرمائيات (طائفة امفيبيا)
THE AMPHIBIANS (CLASS AMPHIBIA)

كانت البرمائيات أول رواد الحيوانات الفقارية على الارض، فلقد مكنتها رئاتها وأطرافها العظمية، التي ورثتها عن أسلافها من أسماك الكروسوبيتيريجيانات، من الحركة وتنفس الهواء الجوى. ومكنها كذلك وجود أذين ثان في القلب من أكسدة الدم العائد لهذا القلب قبل دفعه ثانية إلى باقي أجزاء الجسم بعملية ضغط عالية. وبالرغم من حدوث بعض الخلط بين الدم المؤكسد والغير مؤكسد في البطين الواحد الموجود في قلب هذه البرمائيات، إلا أن وجود ثلاث غرف في القلب أعطى قدرة اكبر في كفاءة الدورة الدموية وهذا مكن البرمائيات من العيش تحت ظروف التغييرات الكثيرة

الحدوث في البيئة الارضية .

وعلى الأرض يعتبر إكتشاف الصوت شيء هام ، ولقد نمي للبرمائيات أذن مبسطة من تراكيب ورثتها عن أسلافها السابقين . فالثغر التنفسي (الشكل ٣٦-٣) تمت تغطيته بغشاء إستخدم كطبلة للاذن وعظام فكية لم تعد تستخدم في وظيفتها السابقة (ونشأت تلك العظام أصلا من القوس الخيشومي لأسماك الأجناثا) وأصبحت تستخدم في نقل الاهتزازات من غشاء الطبلة إلى الأذن الداخلية وآخر عظمة موجودة جهة الداخل من أذننا الوسطى (Ossicle) هي نظير لتلك العظمة .

وكما يدل عليه الاسم ، فان البرمائيات كانت نصف أرضية وعليها أن ترجع للماء لوضع البيض ولا تستطيع سلالتها الحديثة على الاقل إحتمال التعرض لمدة طويلة للهواء الجاف . والتحول الدورى من الماء إلى الأرض وبالعكس أضاف مشاكل أخرى للحفاظ على التوازن المائي وإفراز فضلات نيتروجينية ، ففي الماء لابد من ضخ الماء للخارج من دبب الكلية (glomeruli) كما في حالة سمك المياه العذبة . وعلى الارض لابد من الحفاظ على الماء ويمكن للبرمائيات الوصول إلى ذلك بالإقلال من إمداد الدبب الكلوية بالدم وبالتالي الاقلال من عمليات الرشح ، ويقلل هذا بالتالي سريان الدم من الحوصلات إلى أنابيب الكلية ، وعموما لابد من الحفاظ على إستمرارية وظائف أنابيب الكلية ويساعد زيادة نشاط الجهاز البابي الكلوي على (الشكل ٢٥ ـ ١١) .

والبرمائيات الأولى كانت كبيرة الحجم بالنسبة إلى المقاييس الحديثة ، إذ أن طول الدبلوفيرتبرون (Diplovertebron) (الشكل ٣٦-١) ، بلغ حوالي ٢ قدم ، ولكن بعض الاشكال التي ظهرت فيما بعد كانت حقيقة مذهلة في حجمها ، إذ وصل طول بعض العينات الحفرية إلى ٨ أقدام . ولقد إنتعشت تلك البرمائيات في العصر الكربوني ، إذ غطى الارض مستنقعات شاسعة ، كما كانت النباتات موجودة بكثرة ، ووجدت حشرات كثيرة تغذت عليها البرمائيات ، ولقد أطلق على تلك الحقبة بعصر البرمائيات .

وتلى العصر الكربوني عصر البرميان (Permian) والتي كانت فيه الأرض أكثر برودة وأكثر جفافا ، ومنذ ذلك الوقت حتى الآن وحظ البرمائيات في الهبوط ، بقيت فقط ثلاث رتب في يومنا هذا ، والرتب الثلاث هي : (١) الضفادع Toads ، frogs (ورتبة



الشكل (٣٦-٦): أمثلة للبرمائيات. أعلى: السلاماندر ذو الخد الأحمر (Plethadan jordani) تم تصويرة في ولاية كارولينا الشمالية (ي. د. برودي، الصغير، جامعة أدولفي، BPS) وسط: الضفدعة الفهدية (Rana pipiens) حيوان معمل مشهور (ر. همبرت، جامعة ستانفورد، BPS) أسفل: السيسيليانز (وهو Afrocaecilia tainana) الموجود في المناطق الاستوائية (ي. د. برودي الصغيرة، BPS).

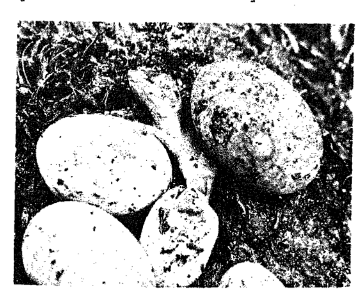
أنيورا Anura) - (٢) السـلامـانـدر، نيوتـز Newts (رتبة اورروديلا Urodela) - (٣) الكاكسيلينات Caccilians (رتبـة أبودا Apoda) وهي عديمة الأطراف ودودية الشكل (الشكل ٣٦-٦). وحرمان البرمائيات من جلد غير منفذ للماء أيضا جعل البرمائيات غير قادرة تماما على تحمل الحياة الأرضية.

٣٦-٦ : الزواحف THE REPTILES (CLASS REPTILIA)

تعتبر الزواحف أول حيوانات أرضية حقيقية وقد نشأت من البرمائيات في العصر الكربوني، وبحلول العصر البيرمياني كانت الزواحف قادرة على مواءمة البيئات الجديدة أكثر من البرمائيات. والميزة الرئيسية التي فاقت بها الزواحف الأولى (الكوتيلوساورات - Cotylosaurs) على البرمائيات هو بيضها ذو القشرة الصلبة والمملوءة بالملح (الشكل ٣٦-٧) والذي أمكن وضعه على اليابسة بدون خوف من جفافه. وصادف ظهور القشرة الصلبة الغير منفذة للماء وكذلك للحيوانات المنوية نشؤ الاخصاب الداخلي.

وللجنين الناشيء داخل البيضة أربعة أغشية جنينية، مما حمى الجنين بالسائل الموجود داخل الامنيون ووفر كذلك إمداد الغذاء للجنين عن طريق محفظة المح، كما أمكن للجنين التنفس خلال قشرة البيضة (الكوربون) والكيس البولي (Allantios) وخزن الفضلات الناتجة عن التمثيل الغذائي في محفظة هذ الكيس البولي.

ولربما أمضت تلك الزواحف الاولى، والتي كانت أرجلها قصيرة وممتدة على جانبي



الشكل (٣٦-٧): شامبليون أمـريكي يفقس من البيضـة (بتصريح من شركة كارولينا للمواد الحيوية (البيولوجية).

الجسم، معظم حياتها في الماء ولكنها كانت تضع بيضها على اليابسة بعيدا عن المفترسات. وبزيادة جفاف العصر البرمياني نشأت تحورات أخرى لمواءمة الحياة على الأرض الجافة. فنشوء الجلد الجاف جعلها تترك المياه بسلام. ونظرا لجفاف هذا الجلد الذي لم تستطع الزواحف إستخدامه في تبادل الغازات، فان الرئات المتطورة مع إمكانية تمدد القفص الصدري مكنت تلك الزواحف من التغلب على هذه المشكلة. ولقد قلل وجود حاجز جزئي في البطين من إختلاط الدم المؤكسد وبذلك زادت كفاءة الجهاز الدوري وأدت تلك التحسينات في تطور تلك الأجهزة إلى نجاحها في أداء واجباتها سريعا.

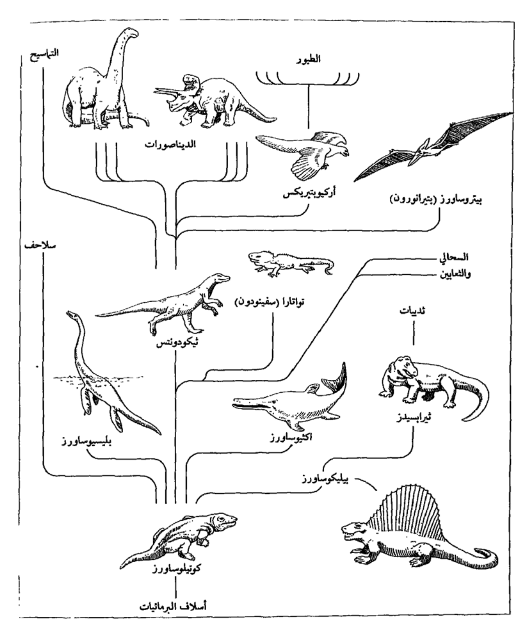
وتشعبت زواحف الكوتيلوساوارت (Cotylosaurs) أو الزواحف الجذع (الاصل) (Stem Reptiles) لمواءمة البيئة فنشأ منها خمسة خطوط رئيسية من الانساب (الشكل ٣٦ - ٨) وهي:

البليكوساورات PELYCOSAURS

ولو ان البليكوساورات قد قضت معظم حياتها في الماء، فان أرجلها كانت تحت أجسامها وليس على جانبي الجسم، مكن وضع الأرجل بهذه الحالة تلك الحيوانات من الجرى بسرعة على الارض ومن البليكوساورات نشأت مجموعة من الزواحف الصغيرة والنشطة والتي تعيش على الارض وهي الثيرابسيدات (Therapsids) وعند ابتداء العصر الميزويكي كانت الثيرابسيدات اكثر الزواحف انتشارا، لكن بسرعة تغلبت عليها في الكثرة مجاميع أخرى من الزواحف وعموما كان هذا الأفول مؤقتا (حوالي ١٠٠ مليون سنة) حيث ان سلالات الثيرابسيدات، الثدييات، مالبثت ان ورثت الارض.

السلاحف: رتبة كيلونيا TURTLES (ORDER CHELONIA)

ولو ان تطور الزواحف أدى إلى إنتاج حيوانات قادرة على العيش على الأرض إلا أن الكثير منها أيضا لم تستطع ذلك. ومنذ نشأتها الاولى في العصر الميزويكي وحتى وقتنا هذا، فان اغلب السلاحف عاشت إما في المياه العذبة أو في المحيطات، بالرغم من ذلك فان تلك السلاحف المائية لم تتخل عن عاداتها الاولى وهي العودة إلى الارض،



الشكل (٣٦-٨): تطور الزواحف.

فهي تتنفس الهواء (ولو ان الضلوع الصدرية كونت الصندوق العظمى الذي يغطى الحيوان وبالتالي لايمكنها المساعدة في تهوية الرئات) وتضع بيضها ذو القشرة على الأرض. والمدهش أن نشاهد الضفادع تعود إلى المياه العذبة كل ربيع لوضع بيضها في الماء في الوقت الذي نشاهد فيه أيضا سلاحف المياه العذبة تزحف إلى الأرض لعمل حفرة في الرمل أو التربة تضع فيها بيضها. وتستحق السلاحف الاعجاب إذ أنها

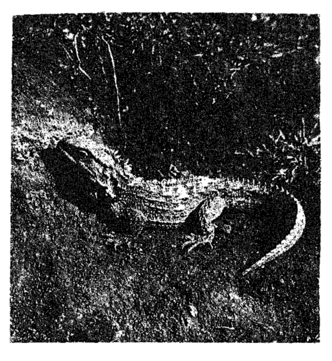
لازالت باقية معنا على الأرض منذ أكثر من ٢٠٠ مليون سنة، هي مدة شاهدت فيها السلاحف إندثار الكثير من معاصريها.

البلسيوساورات والاكثيوساورات PLESIOSAURS & ICHTHYOSAURS

كانت أفراد هذين الخطين من السلالات زواحف بحرية إزدهرت في العصر الجيوراسي ولكنها اندثرت بنهاية العصر الميزوزويكي، كانت تعيش أساسا على أكل الاسماك ومهيأة للحياة البحرية. وفي الحقيقة فان زوائدها التي تشبة الزعانف (الشكل ٣٦ـ٨) كانت معدة للحركة على الارض مع أن أفراد الاكثيوساورات إحتفظت ببيضها داخل جسم الأم كما هو الحال في صغار أسماك القرش في يومنا هذا.

الديابسيـدات : DIASPIDS

سميت تلك الحيوانات، والتي تكون الخط الخامس لسلالة أصل الزواحف، بهذا الاسم لوجـود قوس مزدوج في بعض منـاطق الجمجمـة. ونحن نعتقد بالحكم على سلالاتها الموجودة في يومنا هذا على أن تلك الزواحف كانت مزودة بصفات فسيولوجية هامة تمكنها من المعيشة على الأرض والتي لم توجد في المجاميع الأخرى من الزواحف. وكانت تلك الصفات هي القدرة على تحويل الفضلات النيتروجينية إلى حمض اليوريك الغير قابل للذوبـان. وكما تعملنـا في البـاب الخـامس والعشرين ان هذا التحور الفسيولوجي يسمح بطرد تلك الفضلات النيتروجينية السامة بأمان وبدون فقد للماء، يتم ترشيح بعض الكميات من حمض اليوريك عن طريـق دبب الكليـة (glomeruli) ولكن الغالبية العظمى من هذا الحامض يتم إخراجها عن طريق أنابيب الكلية. وفي الحقيقـة فان حويصـلات الكلية صغـرت كثـيرا في الحجم حتى تكون كمية حمض اليوريك الخارجة من فتحة المجمع قليلة بقدر الامكان. وبقايا حمض اليوريك عبارة عن عجينة بيضاء تطرد للخارج مع البراز، هنا أيضا أي عند فتحة المجمع تمتص أغلب كميات الماء الموجودة في حمض اليوريك لارجاعها إلى الجسم. وقدرة هذه الزواحف واسلافها على التخلص من فضلاتها النيتروجينية بهذه الطريقة جعلتها تستطيع الحياة بدون الاعتماد على مياة الشرب، إذ ان الماء الموجود في غذائها والماء الناتج من تنفس الخلايا يعتبر كافيا لاحتياجاتها.

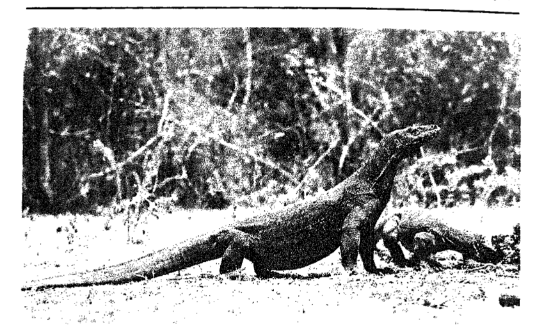


الشكل (٣٦-٩): التواتارا (اسفينودون) هذه الحفرية الحية موجودة على جزر صغيرة قليلة قرب ساحل نيوزيلندة، وهي الوحيدة الباقية من رتبتها. (م. ف سوب/ ملأسسة يروي كولمان).

والتطور في هذا النوع من الزواحف أدى إلى التفرع إلى عدة فروع (الشكل ٣٦-٨) وأنتج أحد تلك الفروع السحالي والثعابين (Order Squamata) ومجموعة اخرى من الزواحف التي تشبه السحالي والتي لم يتبقى من سلالتها الآن سوى الحيوانات النادرة المسماة تواتارا (Tuatara) الموجودة في نيوزيلندة (الشكل ٣٦-٩).

وظهرت السحالي الحديثة (الشكل ٣٦-١٠) في أول الأمر في العصر الجوراسي ومازالت من الحيوانات الهامة التي تستعمر الصحاري والغابات في المناطق الدافئة من العالم. وأحد مجاميع السحالي الطباشيرية اللون أصبحت حيوانات حافرة. إذ فقدت أرجلها ومنها نشأت الثعابين (ويمكن للآن إكتشاف بقاية اثرية لأرجلها الخلفية في السحالي من أنواع بوا (Boa) وبيثون (Python) ولو أنها قادرة على البقاء في المناطق المعتدلة وذلك بدخولها بياتا شتويا أثناء أشهر الشتاء، فان الثعابين تفضل المعيشة في المناطق الاستوائية وشبه الاستوائية من العالم.

وتكون الثيكودونتات (Thecodonts) الفرع الثاني من الزواحف المفرزة لحمض اليوريك وهي كلها زواحف أرضية. وكانت تلك الحيوانات تجري بسرعة على الأرض رافعة أجسامها على أرجلها الخلفية مع إستخدام ذيلها للتوازن، لذلك أصبحت الأرجل الخلفية أكبر واقوى بكثير من الأرجل الأمامية. وتظهر حفريات الثيكودونتات



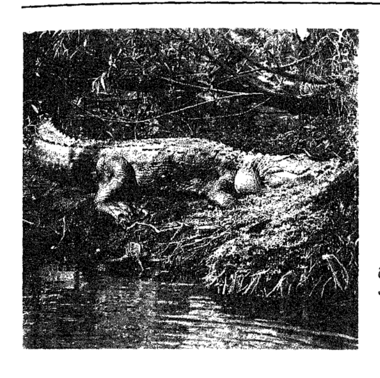
الشكل (٣٦-١٠): السحلية *Komodo monitor* ، تعيش في أندونيسيا، وهي أكبر سحلية.

المتطورة وجود غطاء عازل يغطى الجسم و وجود عظام مما يدل على أن تلك الحيوانات كانت قادرة على الاحتفاظ بدرجة حرارة عالية ومنتظمة. ووجود مثل تلك الصفات وقدرتها على تحمل الظروف الجافة مكن تلك الحيوانات من قدرتها على التطور بنجاح.

وربما نشأ من الثيكودونتات خمسة رتب من الزواحف يطلق عليها جميعا اسم الزواحف الحاكمة (Ruling Reptiles) لانها سادت الارض والهواء اثناء بقية العصر الميزوزويكي.

فالتماسيح (Crocodiles) وشبيهتها (Alligators) (رتبة التماسيح Order Crocodilia) تركت التحرك بأرجلها الخلفية فقط كما فعلت أسلافها ولكنها احتفظت مع هذا (وإلى وقتنا الحالي) بالاطراف الخلفية الاكبر من الامامية (الشكل ٣٦-١١). وتستطيع تلك الحيوانات التحرك بسرعة (وهو مالايمكن ملاحظتة في حدائق الحيوان) مع رفع أجسامها بأكملها عن سطح الارض، هي الزواحف الوحيدة من سلالة الثيكودونتات والتي لم تندثر.

وفي العصر الترياسي المتأخر ظهرت رتبتان من الدينوساورات (Dinosaurs) كل منهما اتخذت طريقا متشعبا غريبا. وفي بقية العصر الميزوزويكي كانت الارض ممتلئة



الشكل (٣٦-١١): تمساح أمريكي (Alligator) في غابات أحراش فلوريدا (د. هيوجز/ بروس كولمان).

بالديناساورات من جميع الأحجام والأشكال والأوصاف. فالكثير من الدينوساورات الأكبر حجما كانت كبيرة في الحجم لدرجة أن حركتها إقتصرت على التمرغ في المستنقعات تاركة للماء عملية حمل أجسامها الثقيلة. ولقد ساعدتنا وفرة حفريات واماكن تواجد هذه الحيوانات من تسجيل الكثير من المعلومات عنها. واكتشاف حفائر وعظام هذه الحيوانات التي أمكن عمل هياكل عظمية منها جعلها اكثر فروع علم الحفريات نشاطا لسنوات عديدة واستحوذ على خيال الناس في كل مكان. ويمكننا فهم ذلك إذا نظرنا إلى الهيكل العظمى للديناوساور (Tyrannosaurus) (الشكل ٣٦-١٢) وكان طوله ٤٧ قدما وارتفاعه ١٤ قدما (مع ملاحظة اطرافه الامامية المختزلة) وكذلك هيكل البراكيوساور Brachiosaurus والذي كان يزن نحو ٩٠ طنا. ولو أن الداينوساور تمثل رتبتين فقط ضمن ١٥ رتبة معروفة من الزواحف، إلا أن تلك الداينوساورات جعلتنا نطلق على العصر الميزوزويكي بعصر الدينوساورات.

وهناك مجموعتان من مجاميع العصر الميزوزويكي أصبحت زواحف طائرة، فالحيوان المسمى جيت (gait) الثنائى الأرجل وهو من زواحف الثيكودونتات حور إستخدام أطرافه الامامية كأجنحة. وفي بادىء الأمر ربما إستخدمت تلك الأطراف الامامية للانزلاق ولكن فيما بعد أصبحت قادرة على مساعدة الحيوان في الطيران. ومن تلك



الشكل (٣٦-١٢): هيكل حفائرى للحيوان *Tyrannosaurus rex*، أحد أكبر الديناصورات ذو الطرفين. لاحظ ألاطراف الأمامية الصغيرة لهذا الاكل للحوم (بتصريح من المتحف الأمريكي للتاريخ الطبيعي).

المجاميع البتيروساورات (Pterosaurs) والذي ملأ الجو خلال أغلب العصر الميزوزويكي. ولعهد قريب كان الحيوان بتيرانودون (Pteranodon) (الشكل ٣٦-٨) بأجنحته التي عند فردها تبلغ ٨,٢ مترا اكبر الحيوانات في هذه الرتبة. ولكن في اوائل عام ١٩٨٠ م اكتشفت حفريات للحيوان بتيروساور يبلغ طول أجنحته عند فردها ١٥,٥ مترا (نحو ٥١ قدما) وذلك في المتنزة الوطني والمسمى (Big Bend) الموجود في تكساس بالولايات المتحدة الامريكية. والمجموعة الثانية من الزواحف الطائرة كانت أسلاف طيورنا الحديثة.

٣٦-٧. الطيور (صف إيفز) THE BIRDS (CLASS AVES)

إكتسبت المجموعة الثانية من الزواحف التي طارت في الجو تحورات لم توجد في البتيروساورات وهو الريش (Feathers) وهذه النموات الخارجية أعطت للاجنحة سطحا عريضا وقويا وخفيفا في الوزن، كما أنها عازل جيد للحرارة مكنت الجسم الصغير الحجم من الاحتفاظ بحرارة مرتفعة نسبيا ولكنها ثابتة حتى في الاجواء الباردة. وكانت هذه هي الطيور الاولى.

وزودنا اكتشاف الاركيوبتريكس *(Archeopteryx)* في الصخور الجوراسيكية

(الشكل ٣٦-١٣) بأحسن الامثلة على وجود حلقة ناقصة ، إذ أن هذا الحيوان كان له ريش مما يدفعنا إلى تسميته بالطير، ولكن علاقته بالزواحف واضحة فالأجنحة الضامرة لها مخالب، كما توجد أسنان داخل الفم وله ذنب طويل، ولكنها صفات تخص الزواحف ولا يوجد لها مثيل في الطيور الحالية .

ولو ان الطيور كانت موجودة بنهاية العصر الميزوزويكي ، إلا أنه في العصر السينوزويكي حدثت للطيور تحورات متشعبة لمواءمة البيئة، يؤكد ذلك العدد الهائل من الانواع الواسعة الانتشار نجاح هذه التحورات .

ويلائم تركيب وفسيولوجية الطيور قدرتها الفائقة على الطيران بطرق عدة أهمها بطبيعة الحال وجود الأجنحة نفسها. ولو أن الاجنحة الآن مكنت الطيور من السفر لمسافات بعيدة للبحث عن الغذاء المناسب والوفير، إلا أن وجودها نشأ في مبدأ الامر لتمكن الحيوان من الهرب من مفترسيه. ووجود طيور غير مجنحة في المناطق القطبية ونيوزيلندة ومناطق أخرى، حيث يندر وجود المفترسات، لهو دليل غير مباشر على ذلك.

و الطير الكفء ، مثل الطائرة ذات الكفاءة، يحتاج بان يكون خفيف الوزن وقوي . وخفة الوزن في الطيور سببها وجود الريش والعظام المجوفة ، تكبر غدة واحدة



الشكل (٣٦-١٣): نسخة لحفرية *Archeopetryx* الذيل الطويل، الأسنان، المخالب على الأجنحة هي صفات زواحف. الريش، والواضح جيدا يجعلها تصنف ضمن الطيور. (بتصريح من المتحف الامريكي للتاريخ الطبيعي).

(في الاناث) في الحجم وتصبح فعالة اثناء موسم التكاثر فقط، وخفف فقد الاسنان من وزن الرأس واستعاض الطير عن وظيفتها بالحوصلة الموجودة قرب مركز الثقل.

وقـوة الطير نابعة من وجود عضلات صدرية كبيرة متصلة بقص (Sternum) كبير (الشكل ٣٦-١٤). وللطيور كذلك قلب ذو أربعة غرف تسمح كفاءتة بثبات درجة حرارة الجسم والتي تسمح بدورها في حدوث معدل عال من التمثيل الغذائي تحت كل البيئات الحرارية المختلفة. ويمكن للطيور أن تستمر في نشاطها في الجو البارد، بخلاف الزواحف التي تصبح كسولة عند هبوط درجة الحرارة. وينتج عن إرتفاع معدل التمثيل الغذائي بسرعة انطلاق طاقة ضرورية للطيران. وتوفر الطيور تلك الطاقة من غذائها المركز وخاصة الغذاء الغني بالدهون مثل البذور والحشرات والحيوانات الأخرى.

ولقـد تميزت نهاية العصر الميزوزويكي بتغييرات جيولـوجية وحيوية (بيولـوجية) واضحة على الارض، وكـلا التغييرات لها علاقـة ببعضهـا البعض. فمن النـاحية الجيولوجية تميزت هذه الحقبة بظهور سلاسل جبلية في أماكن كثيرة من العالم، منها جبال الـروكى والأنـديز والهمـلايا. ومن النـاحية الحيوية (البيولوجية) تميزت باندثار رتب الـزواحف التي ترعـرت خلال الميزوزويك. فبفجـر العصر السينـوزويكي اختفت البلسيوساورات والاكثيوساورات والبتيروساورات وجميع أنواع الدينوساورات من على وجه الأرض، وترك اندثار تلك الزواحف أمـاكن كثـيرة على الأرض وفي الهواء والماء للطيور والحيوانات الثدية.



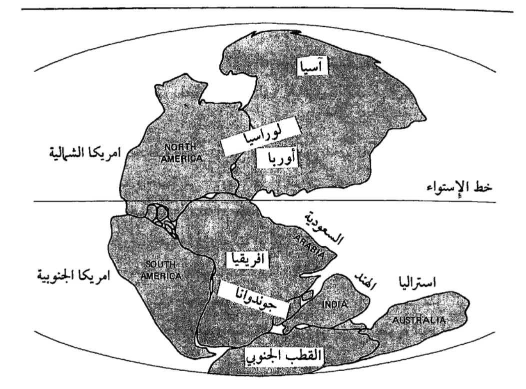
الشكل (٣٦-١٤): هيكل حمامة. لاحظ استرنة الكبيرة والتي تتصل بها عضلات الطيران. قارن الذيل بذيل الـ *Archeopetryx* في الشكل (٣٦-١٣).

٣٦ـ٨ . الانحراف القاري CONTINENTAL DRIFT

وفي العصر الميزوزويكي المبكر بدأت كتل سطح الارض حقبة من الانحراف على وجه الكرة الارضية ، وما زالت تلك الحقبة مستمرة حتى الآن . ووجود مثل هذه الظاهرة بدأت تستحوذ الاستحسان الآن فقط ، إذ أمدتنا بالاجابة على العديد من الحقائق الجيولوجية والحيوية (البيولوجية) . وكل من تلك الحقائق تؤيد الفكرة القائلة بانه عند ابتداء العصر الميزوزويكى كانت جميع القارات متصلة ببعضها البعض في كتلة واحدة من الارض سميت باسم بانجيا (Pangaea) (الشكل ٣٦ـ١٥) واثناء العصر الترياسي بدات البانجيا (كتلة الارض المتصلة) في التمزق ، في اول الامر إلى كتلتين رئيسيتين من الأرض ، لورانسيا (Lauransia) في نصف الكرة الأرضية الشمالي ، جندوانا (gond-wana) في النصف الجنوبي . ولو أن الوقت الصحيح غير مؤكد حتى الآن فان القارات الحالية انفصلت لتأخذ وضعها المعروف اليوم على فترات أثناء بقية العصر الميزوزويكي وكل العصر السينوزيكي . ولو ان الدراسة الفيزيائية المتعمقة التي تدل على حدوث الانحراف القاري ليست موضع الدراسة في هذا الكتاب ، الا انه يمكن القاء الضوء على البعض منها .

فشكل القارات الحالي يوحى بأنها كانت متصلة في يوم من الايام ، فالساحل الشرقي لأمريكا الجنوبية والساحل الغربي لأفريقيا ينطبقان على بعضهما البعض (الشكل ٣٦ـ١٥) .

ولو كانت القارات في يوم من الايام متصلة ومكونة كتلة واحدة من الأرض فاننا نتوقع وجود ظواهر جيولوجية متشابهة في أماكن هي الآن منفصلة ولكنها كانت من قبل ملتحمة . وهذا هو الواقع ، فلقد وجد أن المحتويات المعدنية والعمر في الصخور الموجودة في مساحة صغيرة موجودة على الساحل الشرقي للبرازيل تماثل تماما تلك الموجودة في دولة غانا على الساحل الغربي لافريقيا . وسلاسل الجبال المنخفضة وأشكال الصخور في نيوانجلاند وشرق كندا تبدو وكانها متصلة مع مناطق بالجزر البريطانية وفرنسا والدول الاسكندنافية . وأظهرت كل من الهند والجزء الجنوبي من أفريقيا شواهد على حدوث عصور جليدية دورية خلال العصر الباليوزويكي ، وهذا مما يدعو إلى الدهشة حقيقة في الأرض التي تقع الآن مجاورة لخط الاستواء ، حيث وجد أن أنماط



الشكل (٣٦-١٥): بانجيا، اعادة تركيب كتلة الأرض الوحيدة التي يعتقد انها وجدت منذ ٢٠٠ مليون سنة أثناء العصر الترياسي والتي منها تكونت قاراتنا الحالية. اعادة التشكيل مبني على نظام كمبيوتر ينطبق على القارات كما تبدو اذا ماكان سطح البحر أوطى بنحو ٦٠٠٠ قدم. وبابتداء العصر الجيوراسي، منذ ١٨٠ مليون سنة، أنفصلت بانجيا الى لوراسيا في الشمال وجندوانا في الجنوب. ويوجد دليل قوي على استمرارية الانحراف القاري الى وقتنا هذا، وفي الحقيقة، مازال مستمرا. (معلومات من ر. س. هولدن).

الرواسب الجليدية في هذه المناطق تتشابه تماما في كل من تلك المناطق كما تتطابق أيضا مع الأنماط الموجودة في كل من أمريكا الجنوبية وأستراليا والقطب الجنوبي.

وعندما تتكون الصخور المحتوية على خام الحديد لأول مرة فإنها تصبح ممغنطة دائما في إتجاه المجال المغناطيسي للأرض في ذلك الوقت. ودراسة مثل تلك الصخور التي نشأت في أوقات مختلفة من تاريخ الأرض وفي مناطق مختلفة منها أثبتت أنها ممغنطة في إتجاهات تؤيد قصة تباعد القارات كما ذكرناها. وعندما نواجه بمثل هذا الدليل القوي على إزاحة القارات لابد أن نسأل: هل هناك آلية توفر القوى اللازمة لتحريك القارات؟ إحدى الآليات المقترحة تتضمن إنشطار قاع المحيطات وقد أعطيت إسم تحركات الصفائح plate tectonics ففي السنوات الأخيرة تم جمع قدر كبير من الأدلة

والبراهين الجيوفيزيقية (تراوحت بين تحليل الزلازل وقياس مغناطيسية وتضاريس قاع المحيطات) التي تؤيد فكرة تحركات الصفائح ومن ثم تقدم تفسيراً مقبولاً لنظرية إزاحة القارات. ويمكنك دراسة بعض هذه الأدلة والبراهين بالتفصيل في المراجع المذكورة في آخر هذا الباب.

وبماذا يخبرنا انحراف القارات عن تاريخ تطور الحيوانات والنباتات وبالعكس؟ فنظرية تفتت كتلة واحدة من الأرض الى القارات الموجودة حاليا تشرح الكثير من الالغاز البليونتولوجية (Paleontological) فهي تشرح مثلا لماذا توجد حفريات خاصة من الزواحف المعروف وجودها في جنوب افريقيا، توجد ايضا في البرازيل والارجنتين. والاكتشافات التي حدثت في عامى ١٩٦٩م، ١٩٧٠م في القطب الجنوبي والتي وجدت فيها حفريات البرمائيات، الكوليسورات والثيرابسدات، إذ وجدت مثل أنواع تلك الحفريات أيضا في جنوب افريقيا والهند والصين. كما تشرح نظرية انحراف القارات ببساطة لماذا توجد أقارب مشابهة كثيرا لدودة الأرض المتواضعة الموجودة في شرق أمريكا الشمالية في غرب أوربا وليس في غرب أمريكا الشمالية. وما تم ذكرة من قبل هي أمثلة قليلة من الكثير الدالة على نظرية انحراف القارات. وتوزيع الحيوانات والنباتات من العصر الميزوزويكي وحتى الان يمكن فهمة على أساس تفتتها تدريجيا وتوزيعها على القارات الحالية، كما يفيد البرهان الذي يتبناه علماء الجيوفيزياء بان القارات الحالية هي في الوقع دائمة الحركة وليست ساكنة.

٣٦-٩: الثدييــات (طائفــة مماليــا)

THE MAMMALS (CLASS MAMMALIA)

يظن العلماء أن أول الثدييات نشأت في نهاية العصر الترياسي وذلك من سلالات حيوان الثيرابسد (Therapsid) (الشكل ٣٦-٨). وكانت تلك الثدييات الأولى صغيرة الحجم وتتغذى أساسا على الحشرات. ويرتبط بحياتها النشطة هذه ضرورة إستطاعتها إبقاء حرارتها ثابتة. وكما في الطيور (والتي لم تظهر إلا في العصر الجيوراسي)، إرتبط ثبات درجة الحرارة مع وجود قلب ذو أربعة غرف ووجود جهاز منفصل لأكسدة ودوران الـدم. وأمكن الاحتفاظ بدرجة حرارة الجسم بنمو الشعر. ولو أن الثدييات الأولى كانت تضع بيضا مثل أسلافها من الزواحف إلا أن صغارها بعد خروجها من البيض كانت تتغذى على اللبن الذي تفرزه غدد موجودة على جلد الأم. وبعكس الحال في

أسلاف الثدييات من الزواحف، فان أسنان الثدييات أصبحت متخصصة في قطع (القواطع) وتمزيق (الانياب) وهرس الطعام (الضروس). والمادة السنجابية في المخيخ، والمغطاة بالمادة البيضاء في الزواحف، نمت لخارج وفوق سطح المخ.

وأخذ تطور الثدييات الاولى عدة طرق مختلفة، من المجاميع التي نشأت، إستمر ثلاثة منها فقط إلى يومنا هذا، وتلك المجاميع الثلاثة هي:

(١) المونوتريمات (Momotremes) وهي الثدييات واضعات البيض (تحت طائفة بروتوثيريا Prototheria).

(٢) المارسوبيالات (Marsupials) وهي الثدييات ذوات الجيب (تحت طائفة ميتاثيريا Metatheria).

(٣) الثدييات المشيمية (Placental Mammals) (تحت طائفة يوثيريا Eutheria).

وتتميز كل من هذه المجموعات بالطريقة التي تتبع في الاعتناء بالصغار اثناء فترة النشوء الجنيني. فالمونوتريمات تستمر في وضعها للبيض كما فعل أسلافها من الثيرابسيدات. والحيوانان الثدييان وهما البلاتيبوس (الذي يشبه البطة) وآكل النمل ذو الاشواك (والمسمى اكيدناس Echidnas) - الشكل ١٧-٩) هما الحيوانان الوحيدان الباقايان على سطح الأرض حتى الآن من مجموعة المونوتريمات.

وفي حيوانات المارسوبيالات (الشكل ٣٦-١٦) تبقى الصغار لفترة وجيزة داخل القنوات التناسلية للام، في تلك الفترة الوجيزة تتغذى الصغار على ما تمدها به محفظة المح التي تنمو في جدار الرحم، ومع ذلك تولد الصغار في دور مبكر من النمو، ثم تزحف إلى جيب موجود على بطن الام وتبدأ في الرضاعة من الحلمات المفرزة للبن، هنا يتم النمو.

والمارسوبيولات الأولى ربما كانت تشبه الحيوان الحالي المسمى اوبوسام *(Opossum)* ونشأت أول ما نشأت في أمريكا الشمالية، لكن عندما كانت منطقة جوندوانا مازالت موجودة فان حيوانات المارسوبيالات لابد وأنها إنتقلت إلى أماكن أخرى مثل أمريكا الجنوبية وأستراليا ونيوزيلندة، يصعب تفسير وجود تلك الثدييات الآن في كل من أمريكا الجنوبية وأستراليا إلا بفرض أن الأرض كانت كتلة واحدة متصلة على الاقل خلال أوائل العصر الميزوزويكي ولهذا لسبب فان علماء الحفريات (الباليانتولوجي)



الشكل (٣٦-١٦): أمثلة للحيوانات الكيسية. دب الكوالا. (يسار علوي) وهذا الكانجارو (يمين) أثنان من أنواع الحيوانات الكيسية العديدة الموجودة في استراليا. (بتصريح من مصلحة الاستعلامات الاسترالية). الأوبوسام العادي (يسار اسفل) هو الحيوان الكيسي الوحيد الموجود في امريكا الشمالية. (لويس، جورج، كوكس، بروس كولمان).

تنبؤا لفترة طويلة بوجود حفريات المارسوبيالات في منطقة القطب الجنوبي، ولقد تحققت هذه النبوءة بالفعل في مارس عام ١٩٨٢ باكتشاف بقايا حيوان البوليدولوبس (Polydolops) في حفرية بلغت ٩ بوصات في الطول وذلك في جزيرة سيمور (Seymour) (الموجودة قرب الطرف الشمالي لشبه جزيرة القطب الجنوبي).

ونظراً للانعزال النسبي بين أستراليا وأمريكا الجنوبية، فان المارسوبيالات حدث لها عمليات مواءمة بيئية متشعبة محكمة، لكن إتحاد أمريكا الشمالية بالجنوبية عن طريق برزخ بنها منذ مليونين من السنين جعل المجموعة الثالثة والاكثر تقدما من الثدييات وهي الثدييات المشيمية في تنافس مباشر مع مارسوبيالات أمريكا الجنوبية والتي إندثر كل أنواعها فيما عدا ٦٩ نوع منها، في أستراليا ونيوزيلندة فقط بقيت مجموعة كبيرة

متبـاينـة من المـارسوبيالات على قيد الحياة حتى الآن وذلك في المناطق التي دخلتها واستقرت فيها الحيوانات الثديية المشيمية ، وبقيت كذلك حيوانات المونوتريمات حية في تلك المناطق .

وتحتفظ الثدييات المشيمية بصغارها داخل رحم الأم إلى أن يتم الجنين تقدمة في النمو، ونظرا لوجود القليل من المح في البويضة فان الأغشية الجنينية الزائدة تكون حبلا سُريا ومشيمة يستطيع الجنين النامي عن طريقهما تأمين الحصول على غذائة مباشرة من الأم .

ولمـدة ٧٠ مليون سنة خلال العصر الميزوزويكي ، كانت تمثل الثدييات المشيمية برتبة واحدة فقط ، لكن بحلول حقبة الايوسين (Eocene) (وهي إحدى أحقاب العصر السينوزويكي) تشعبت الثدييات المشيمية إلى ١٤ رتبة على الاقل (الشكل ٣٦ـ١٧) .

الشكل ٣٦ـ١٧ . رتب الثدييات المشيمية (يوثيريا) والحيوانات الممثلة بها :

١ ــ **آكلات الحشرات :** Shrews والنسانيس Moles.
٢ ــ آكلات النمل القشـرية : Scaly Anteaters.
٣ ــ ناقصـات الاسنـــان Edentata: الأرماديللو.
٤ ــ الجناحيات Chiroptera: الوطاويط .
٥ ــ القارضات Rodentia السنجاب والفئران والجردان والبيفر Beaver.
٦ ــ اللاجومـورفا Lagomorpha: الأرانب.
٧ ــ آكـــلات اللحـــوم Carnivora: الأســود، القــطط، الكــلاب، أسـد البحـر، Warlus Shunk.
٨ ــ ذوات الحوافـر فرديــة الأصابـــع odd - toed ungulates تحت رتبة (Perissodac-tyla الحمار المخطط، الحصان، الحمار، وحيد القرن .
٩ ــ ذوات الحوافر زوجيـة الأصابع even - toed ungulates تحت رتبـة :Artiodactyla) الجمال، عجول البحر، الغزلان، الماشية، الخنازير، الماعز، الزراف.
١٠ ــ الحيتان Cetacea: الحيتان ، الدولفينات ، Porpoises.
١١ ــ أبقار البحر Sirenia: المانـاتي Manatee ، دوجنـج Dugong.
١٢ ــ الخـرطوميـات Proboscidea: الفيلة .
١٣ ــ الاردفاركسات Aardvarks.
١٤ ــ الثدييـات العليا Primates: الليمورات Lemurs ، قردة الدنيا الجديدة، قردة الدنيا القديمة ، الغوريللا Great Apes الانسان Humans.

وأسباب بقاء تلك الثدييات المشيمية غير ذات أهمية طيلة هذه المدة الطويلة ثم تبعتها بتلك الموجة من الانفجار من حيث الزيادة العددية ما يلي: أول الاحتياجات اللازمة لتعدد الانواع هو الاقلال من الضغط الانتخابي، ولقد حدث هذا بالفعل للثدييات ولكن بعد إندثار الزواحف السائدة، إذ بعد ذهاب أغلب الزواحف توفرت بيئات متنوعة أمكن للثدييات أن تقطنها ، فحلت ذوات الحوافر (Ungulates) محل الدينوساورات العشبية التغذية وافترستها آكلات اللحوم، وحلت الحيتان الحقيقية (Cetaceans) و الثدييات آكلات اللحوم (Carnivorans) محل البلسيوساورات (Plesiosaurs) في المحيطات ووجدت أسلاف الوطاويط أماكن جديدة للمعيشة، إذ أمكنها بمساعدة أجهزة إكتشاف الصدي إصطياد الحشرات الليلية، هذه القدرة وانعدام المنافسة في أماكن معيشتها هذه أمكن للوطاويط أن تكون الثانية بعد القوارض في عدد الأنواع.

٣٦-١٠ . تطور الانسان (هوموسابينز) :
THE EVOLUTION OF *HOMO SAPIENS*

يعتبر الانسان من رتبة الثدييات المشيمية والمعروفة باسم الثدييات العليا (Primates) والتي تمتد جذورها إلى نحو ٦٠ مليون سنة ، وربما كانت أفرادها الأولى عشبية تعيش على الأشجار والتي يعتبر الليمور (Lemur) والتارسير (Tarsier) من سلالتها الموجودة حاليا والتي لم تتغير كثيرا، فالايدي فيها من النوع القابض (ولها أظافر) والابصار فيها قوى وكلا الصفتين هامتين للحياة بين الاشجار (الشكل ٣٦-١٨)، تستطيع تلك الحيوانات الحذر باستمرار من أعدائها وهي تتناول في نفس الوقت غذاءها من على قمم الاشجار التي يمكنها التحرك بينها بسهولة.

ومنذ ٢٠ مليون سنة تقريبا، إنقسمت الثدييات العليا عن طريق انقساماتها المتكررة إلى أنواع إلى ثلاثة أصول Stocks: قردة الدنيا الجديدة، قردة الدنيا القديمة، الانسانيات (Hominoids) وهي اسلاف القردة (Apes) والخط الذي أدى إلى نشوء الانسان، ويبدو أن قردة الدنيا الجديدة فضلت المعيشة في مناطق أمريكا الاستوائية، أما المجموعتان الثانيتان فقد إنتشرتا في افريقيا وأجزاء من أوروبا وآسيا. واختلفت الانسانيات عن قردة الدنيا القديمة باذرعها الاكثر طولا وقوامها الاكثر استقامة وغياب



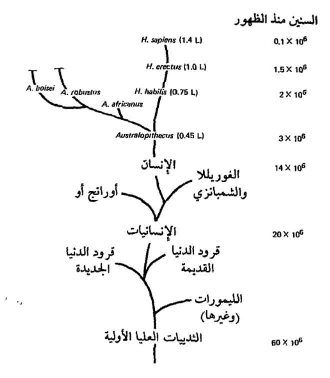
الشكل (٣٦-١٨): تارسير. عيونة الكبيرة الناظرة للامام ويدية القابضة هي صفات نموذجية للشدييات العليا (بتصريح من جمعية نيويورك لعلم الحيوان).

الذيل، ربما كانت تلك الانسانيات أيضا من ساكني الاشجار.

ومنذ ١٤ مليون سنة، إنقسمت الانسانيات (Homonoids) ثانية إلى الهومينيدات (Hominids) والتي تركت الاشجار وأصبحت تمشي على الارض والقردة (Apes) والقردة الحقيقية (Pongids) والتي بقيت على الاشجار، ومن هذا الفرع الثاني نشأت القردة الكبيرة مثل الغوريللا والاورانج اوتان والشمبانزي.

ومنذ ٣ مليون سنة ظهرت الهومينيدات بصفات الانسان المحددة، أهم تلك الصفات تغير هيكلها لتواكب وضعها القائم، شمل هذا أيضا التغييرات في تركيب عظام الحوض واتصال عظام الظهر بقاعدة الجمجمة بدلا من اتصالها بالجمجمة من الخلف. والمخلوقات التي بها الصفات السابق ذكرها ماهي الا صفات الرجال القردة Ape-men والتي تم وضعها تحت جنسي اوسترالوبيثيكس *(Australopithecus)*.

وفي خلال المليون والنصف سنة التالية نشأت ثلاثة أفرع مستقلة من الهومينيدات، يبدو أنها عاشت جميعها جنبا إلى جنب. والثلاثة أفرع كانت أ. افريكاناس *(Australopithecus africanus)* وابن عم له اسمه أ. روبستاس *(Australopithecus robustus)* والفرع الثالث هو هوموهابيليس *(Homo habilis)* (الشكل ٣٦-١٩) ولقد



الشكل (٣٦-١٩): العلاقة التطورية المحتملة للثدييات العليا. البعض يعتقد أن *Rampithecus* كان أكثر قربى للأورانج أوتان عن الانسان.

وجدت بقايـا هوموهابيليس *(Homo habilis)* هذا مع أدوات حجرية بدائية مثل أطراف السهام وأمثالها. وهذا يدل على أن هوموهابيليس *(Homo habilis)* صنع واستخـدم تلك الأدوات. ولربما إستدعت الحاجة لصنع تلك الأدوات وطريقة الحياة التي تقوم أساسا علـى الصيد لصالـح الجماعـة إلى تهيئة عوامل الضغط الانتخـابي لسرعة زيادة حجم المخ. وعموما فان هوموهابيليس *(Homo habilis)* كان له مخ يبلغ في الحجم نحو ٧٥٠ ملم وهو حجم يعادل ثلثي حجم مخ الاوسترالوبثيكس *(Australopithecus)*.

و تحور هوموهابيليس *(Homo habilis)* بالتدريج إلى سلالة أذكى هو هوموايريكتاس *(Homo erectus)* والذي ظهر من ١,٥ مليون سنة حينها كان هناك نوعان من أنواع أوسـترالوبيثيكس *(Australopithecus)* (وهما أ. بويساي *A. robustus , A. boisei* أ. روبستاس) مازالا موجودان أيضا في نفس الوقت لكنهما ما لبثا أن إندثرا سريعا بعد ذلك لانهما لم يستطيعا منافسة النوع الاذكى وهـو: *(Homo erectus)*.

و لـربما نشأ النوع هومـو ايريكتاس هذا في أفريقيا ولكن ما لبث أن إنتشر في آسيا (ممثلا في رجل جاوة ورجـل بكين). وانتشار النوع هومو ايريكتاس *(Homo erectus)* في أفريقيا وآسيا والشرق الادنى خلق عددا نسبيا من الاحواض المنعزلة جينيا والتي

تسببت في بدء عملية خلق تحت أنواع جديدة نشأت منها مجاميع الأجناس المعروفة في يومنا هذا ، وتلك العملية تشابه العملية التي نشأت في امريكا الشمالية ونتج عنها نشوء سبعة تحت انواع من جيوثليبيس تريكاس *(Geothylpis trichas)* (الشكل ٢٣-١٠).

ومنذ نحو ١٠٠,٠٠٠ سنة ظهر الانسان الحالي هوموسابينز *(Homo sapiens)* وسمى أول أشكالة في أوروبا والشرق الأدنى باسم رجل نياندرتال (Neanderthal man) وأحيانا سمى باسم تحت النوع هوموسابينز نياندرالنسس *(Homo sapiens neanderhalensis)* وكان رجال النياندرتال أناس حقيقيون في كل الصفات إذ كان حجم المخ كما هو في الانسان الحالي (في الحقيقة اكبر قليلا) ولقد دفن رجال النياندرتال موتاهم في القبور مع القرابين.

واندثر رجل النياندرتال فجاة منذ نحو ٣٥,٠٠٠ سنة وحل محلة الانسان هوموسابنيز سابينز *(Homo sapiens sapiens)* والذي يشبهنا الآن في كل الوجوه ومثل هذا الرجل أو الانسان وجد في أفريقيا والشرق الاقصى اثناء أغلب الوقت الذي كان فيه الرجل هوسابينز *(H. s. neanderthalensis)* موجودا فيه في أوروبا والشرق الادنى.

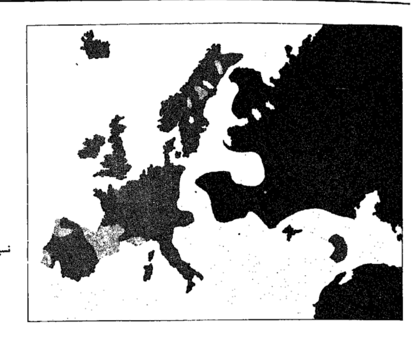
وكم هي أعداد أجناس الانسان التي نشأت بسبب وجود المستنقعات الجينية المنعزلة؟ في الواقع لاتوجد اجابة سهلة على هذا السؤال. واختلف هذا العدد تبعا للباحثين وطبقا لمدى اختلاف المقاييس التي وجدوها بين المجتمعات المختلفة المتكونة نتيجة وجود تلك المستنقعات الجينية. وسجل بعض هؤلاء الباحثين خمسة اجناس هي : (١) النجرو (Negroid) (وهي تحت مجموعات نشأت في افريقيا)، (٢) المنجولي (Mongoloid) (الموجود في آسيا) (٣) القوقازي (Caucasoid) (الموجودة في الشرق الأوسط وفيها بعد في أوروبا)، (٤) الامريكي الهندي (وهو الانسان: هوماسابينز Homo sapiens) الذي وصل إلى نصف الكرة الغربي عن طريق كوبرى ارضي الذي ربط من وقت لاخر بين آسيا وأمريكا الشمالية وهو ممر بيرنج (Bering strait) - (٥) الاسترالي (Australoid) (وهو تحت نوع منعزل في استراليا).

وحتى إذا ما حاول الفرد دراسة الأحواض (Pools) الجينية تبعا لتوزيع مجاميع الدم مثل ABO ، فيمكن التأكد من وجود تشعب داخل تلك المجاميع الخمسة السابق

ذكرها. فالمجموعة الاوربية يمكن أن تقسم إلى عدد من المقاييس أو المعايير، وشكل **٣٦-٢٠** يوضح الاتجاه في تفوق مجموعة الدم B كلما تقدمنا في أوروبا من اتجاه الشمال الشرقي إلى الجنوب الغربي، في أفريقيا كذلك توجد حالة تقسم الانسان فيها إلى تحت مجاميع (أو تحت شعب). وسكان الهند مثلا يختلفون وراثيا عن هنود أمريكا الشمالية والاسكيمو، وكل ذلك من نواتج تواجد الانسان في وقت من الاوقات على شكل عدد من تحت الشعب المنعزلة، وبفعل الانتخاب الطبيعي وربما الانحراف (Drift) ايضا، اثرت في تلك المستنقعات (المجاميع أو تحت الشعب) المنعزلة ونتج عن ذلك ظهور الاختلافات في الاجناس التي نلاحظها في وقتنا هذا.

وتكوين تحت الانواع المنعزلة جغرافيا كانت الخطوة الاولى في ظهور الانواع التي سبق ذكرها في تطور الانسان. فهل يستمر وجود النوع هوموايريكتاس *(Homo erectus)* و بالتالي النوع هوموسابينز *(Homo sapiens)* على الدرب؟ الاجابة هي لا. فالانسان كان على الدوام من أكثر الحيوانات حركة. فمجاميع كثيرة من الانسان هاجرت باستمرار من مكان إلى آخر في العالم، فاذا قابلت مجموعة من تلك المجاميع المهاجرة مجموعة أخرى يحدث بينهما بعض التزاوج وبذلك يحدث الخلط بين مستنقعاتها الجينية. ولذكر مثال على ذلك، مايوجد في الامريكتين فان الجينات الناشئة من مستنقع جيني أوربي مع أخرى ناشئة من مستنقع جيني أفريقي أعطت مستنقعا جينيا جديدا يختلف عن المستنقع الأوروبي أو الأفريقي.

وحيث أن الحواجز الثقافية حالت دائما دون حدوث التزاوج بين المستنقعات الجينية، فلا يوجد أي دليل على أن الخطوات الاولى في نشوء تحت المجتمعات أو تحت الشعب في الانسان إستمرت للدرجة التي يمكن فيها لأي من تلك الحواجز الجينية أن تستمر في التزاوج فيما بينها. والنوع هوموسابينز *(Homo sapiens)* الآن هو نوع واحد ولكنه محمل بإختلافات جينية متعددة ومنتشر في جميع أنحاء العالم. والالتحام الجزئى بين المستنقعات الجينية والتي حدثت في الماضي وتكرر حدوثها باستمرار أسرعت من زوال الحواجز الجغرافية في هجرة الجينات وستزول فيها بعد أيضا الحواجز الثقافية والتي كانت هي أيضا أحد أسباب منع التزاوج بين جينات المستنقعات الجينية. وهجرة الجينات هذه بين المستنقعات الجينية ستؤدى في النهاية إلى وجود مجتمع واحد مختلط يشمل العالم بأكملة ونتمنى بحدوث هذا أن تزول الحواجز الاجتماعية والتي كانت سببا في حدوث



الشكل (٣٦-٢٠) : تعدد الجينات لمجموعة دم الجين (B) في التعدادات الأوربية وأجزاء من أسيا. لاحظ الاخفاض التدريجي في تعدد هذا الجين كلما أتجهنا من الشمال الشرقي الى الجنوب الغربي. ومثل هذا التدرج المستمر في تعدد الجين يسمى كلاين (Cline) ويوضح تعدد مجموعة الدم للجين (A) كلاين في الاتجاه المضاد. (أعيد رسمة من مورانت وزملائه ١٩٥٩).

مشاحنات مستمرة بين إنسان وآخر.

ملخص الباب : CHAPTER SUMMARY

إن تتبع تاريخ تطور الحيوانات يشجعنا على معرفة الخطوات التي أدت إلى ظهور الانسان وتطوره من أول الديدان المفلطحة. وطبقا لهذه النظرية فان نشوء وظهور الرئات والأطراف والبيض ذو القشرة كانت لتمكين الحيوانات من إستعمار الارض، وظهور الايدى القابضة مكنت الحيوانات من الامساك بالالات المختلفة. وتسمى نظرية هذا النوع من التطور باسم تليولوجية (Teleological) والتي توضح بان التطور كان للوصول إلى هدف معين، لو أنه لايوجد أي دليل على ذلك في الحفريات ، بل على العكس من ذلك ، فان التطور الذي حدث في الرئات والاطراف كان نتيجة الضغط الانتخابي لتمكين حيوانات الكروسوبتيريجيانات (Crossopterygians) على البقاء في الماء. ونشوء البيض ذو القشرة ربما ظهر لأن الزواحف المائية الاولى أنتجته

حتى يمكنها إخفاؤه على اليابسة بعيدا عن أعين المفترسات المائية الجائعة. والأيدى القابضة نشأت إستجابة للحاجة إلى المعيشة بين الأشجار. ولكن تجب ملاحظة أن كلا من هذه التحورات الجديدة والتي نشأت إستجابة لأحد الضغوط الانتخابية أمدت الحيوانات بخطة امكنها بها إستعمار بيئات جديدة. فالبرمائيات والزواحف وجدت الارض مليئة بالنباتات والحشرات وبدأت البرمائيات في الأفول ومازال هذا الأفول مستمرا حتى الآن. وكان نحو ثلث تاريخ الثدييات مجهولا، ولكن باندثار الزواحف تركت الارض مفتوحة لتلك الثدييات لتبدأ فترة سيادتها على الارض والتي مازالت مستمرة حتى الآن. وهل يمكن للزواحف أن تستعيد سيادتها ثانية؟ طبعا لايمكنها ذلك إلا إذا إختفت أعداد كبيرة من الثدييات التي هي الآن سائدة من على وجه الأرض. والسجلات الحفرية مملوءة بالبيانات عن أمثلة كثيرة بعضها هام والآخر أقل أهمية وكلها توضح ظهور مجاميع من الحيوانات وازدهارها لبعض الوقت ثم اندثارها ثانية، وبذلك تعبد الطريق لمجموعة أخرى من الحيوانات التي طورت نفسها لتصبح قادرة على المعيشة في أماكن تلك الحيوانات المندثرة. والقصة كلها هي قصة مواءمة وتحور لمواجهة الاحتياجات العاجلة والتي يتضح بطريق الصدفة بانها هي القادرة على فتح فرص جديدة وطرق جديدة غير مزدحمة لمعيشة الكائنات الحيوانية التي تملك هذه التحورات.

تمارين ومسائل EXERCISES AND PROBLEMS

١ – في أي من الطرقساير تاريخ تطور البرمائيات مثيله في الحزازيات القائمة؟ وفي أية طرق اختلف عنه؟

٢ – لخص تحورات الخواص التركيبية والفسيولوجية التي مكنت الطيور من النجاح في طرق حياتها.

٣ – لخص التحورات التي مكنت الزواحف من إستعمار الأرض أكثر مما فعلت البرمائيات.

٤ – كان رجل جاوة في يوم من الايام مصنفا على أنه *(Pithecanthropus erectus)* ولأن معظم علماء الانثروبولوجيا يصنفونه على أنه *(Homo erectus)* ماذا يعكس التغيير في تفكيرهم هذا؟

٥ ــ هل تعتبر الانسان أهم حيوان ثدييى متخصص؟ دافع عن رأيك.
٦ ــ هل تعتبـر السيسيليـانـات (Caecilians) برمائيات بدائية، دافع عن رايك.
٧ ــ ما هي الصفات الواجب توفرها في الثدييات؟
٨ ــ ماهي الخواص الضرورية للطيور؟
٩ ــ كيف يختلف سمـك التراوت (Trout) عن سمك القرش؟ في أي من الطرق يتشابهان؟

المراجع : REFERENCES

1. ROMER, A. S., The Vertebrate Story, rev. ed., University of Chicago Press, Chicago, 1971. Traces the evolution of the vertebrates from their suspected origins to the modern farms, including humans, that inhabit the earth today. A wealth of information on the fossil links between the various groups is also included.
2. COLBERT, E., H., Evolution of the Vertebrates, 3rd ed., Wiley, New York, 1980. A history of vertebrate evolution in a paperback edition.
3. BAKKER, R. T.,."Dinosaur Renaissance," Scientific American, Offprint No. 916, April, 1975. Present evidence that some thecodonts and all their dinosaur descendants were homeothermic. The author believes that birds are the surviving descendants of one order of hot-blooded dinosaurs.
4. DE BEER, SIR GAVIN. The Evolution of Flying and Flightless Birds, Oxford Biology Readers, No. 68, Oxford University Press, Oxford, 1975. Includes a detailed examination of Archeopteryx in the evolution of birds.
5. NAPIER, J. R., Primates and Their Adaptations, Oxford Biology Readers, No. 28, Oxford Universty Press, Oxford, 1972.
6. HOWELLS, W., Evolution of the Genus *Homo,* Addison-Wesley, Reading Mass., 1973. A succint paperback account of evolution from the early hominids to modern humans.
7. HALLAW, A., "Continental Drift and the Fossil Record", Scientific American, Offprint No. 903, November, 1972.

8. DIETZ, R. S., and J. C. HOLDEN, "The Breakup of Pangaea", Scientific American, Offprint No. 892, October, 1970.
9. RUSSEL, D A., "The Mass Extinction of the Late Mesozoic", Scientific American, Offprint No. 1507, January, 1982. Explores the hypothesis that they were the outcome of changes caused by the fall of an asteroid.
10. SIMONS, E. L., "Rampithecus", Scientific American, Offprint No. 695, May, 1977. The earliest hominid.
11. WASHBURN, S. L., "The Evolution of Man", Scientific American, Offprint No. 1406, September, 1978.
12. WALKER, A., and R. E. F. LEAKEY, "The Hominids of East Turkana", Scientific American, Offprint No. 709, August, 1978. Analyzes the relationships between the specimens of A. robustus, H. habilis, and H. erectus found in this area of Kenya.
13. TRINKAUS, E., and W. W. HOWELLS, "The Neanderthals", Scientific American, Offprint No. 722, December, 1979.

PART IX

القسم التاسع

علم البيئة: الدراسة الاحيائية للعشائر وبيئتها

ECOLOGY: THE BIOLOGY OF POPULATIONS AND THEIR ENVIRONMENT



التايجا. (بتصريح من لي اي ييجر).



CHAPTER 37 الباب السابع والثلاثون

سريان الطاقة خلال المجال الحيوي

ENERGY FLOW THROUGH THE BIOSPHERE



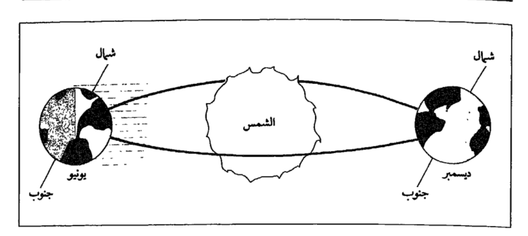
الباب السابع والثلاثون
سريان الطاقة خلال المجال الحيوى

٣٧ـ١ . إدخال الطاقة THE INPUT OF ENERGY

درسنا من قبل في هذا الكتاب كيف تقوم النباتات الخضراء بتخزين طاقة الشمس بالبناء الضوئي (الباب الثامن). وكيف تستطيع كل الكائنات استغلال هذه الطاقة المخزونة لكي تعيش (في الباب السابع). ولقد درسنا هذه العمليات كما تحدث في نبات أو حيوان منفرد. أما الآن فسوف نركز إهتمامنا على الصورة الأعم لكيفية اقتناص واستخدام طاقة الشمس في تجمعات commuities كاملة من النباتات والحيوانات والأحياء الدقيقة. مثل هذا التجمع مضافا اليه المظاهر غير الحية للبيئة (مثل الهواء والتربة) التي تتفاعل معه تسمى نظام بيئي ecosystem ومدى النظام البيئى هو مانحدده نحن له. فوعاء به ماء من البركة هو نظام بيئى وكذلك البركة كلها. وأكبر نظام بيئي يمكن أن ندرسه هو المجال الحيوي biosphere: تلك الطبقة الرقيقة (التي لايزيد سمكها عن ١٢ ميل) التي تغطى الأرض حيث توجد كل الحياة. وانتقال تركيزنا من الأفراد إلى النظم البيئية يشبه تحول الأهتمام من طريقة فرد واحد في كسب وانفاق نقوده أو نقودها إلى اقتصاديات منطقة بأسرها أو بلد معين. تشكل الطاقة التي تصل من الشمس إلى الأرض منطقة صغيرة من طيف الأشعاع الكهرومغناطيسي (الشكل ٨ـ٤). فهي تشمل اشعاع يتراوح طول الموجه فيه مابين ٤٠٠ و ٧٠٠ نانومتر (١ نانومتر = $١٠^{-٩}$ متر) وهي التي تحس بها العين البشرية والتي يمكن أن نسميها بالضوء المرئي. وهي تشمل كذلك أشعة فوق بنفسجية ذات طول موجة أقل من ذلك (وهي المسئولة عن تلوين جلودنا) وأشعة تحت حمراء ذات طول موجة أكبر من ذلك أو حرارة. تختلف

شدة الأشعـاع الساقط على الأرض حسب الأرتفاع ومواسم السنة. فمحور الأرض يميل بمقدار ٢٣,٥ درجة عن مستوي دوران الأرض حول الشمس. ولهذا السبب يتلقى نصف الكرة الشمالي اكثر من ١٢ ساعة من ضوء الشمس خلال الأشهر الستة (تقـريبـا من ٢١ مارس حتى ٢٣ سبتمـبر) التي يكون فيها محور الأرض مائلا نحو الشمس وأقل من ١٢ ساعة خلال الأشهر الأخرى حينما يكون المحور مائلا بعيدا عن الشمس (الشكل ٣٧ـ١) والعكس يحدث في نصف الكرة الجنوبي. هذه الظاهرة تؤدي إلى مكسب من الأشعاع الشمسي خلال نصف العام وخسارة خلال النصف الثاني من العام ومن ثم فهي مسئولة عن المواسم. وكلما رحل المرء بعيدا عن خط الأستواء إلى الشمال (أو الجنوب) كلما زادت حدة برودة الأرض في الشتاء وكلما زادت الفترة اللازمة لعودة الدفء في الربيع.

عند الأرتفاعات الشاهقة لايكون هناك تباين فصلي كبير في كمية أشعة الشمس الساقطة على الأرض فقط بل كذلك تكون الكمية الأجمالية المتلقاه خلال السنة أقل مما هي عليه في المناطق الأستوائية. يكون ذلك صحيحا حتى مع كون العدد الكلي من ساعات ظهور الشمس فوق الأفق واحد. النهار الطويل في الصيف لايعوض النهار القصير في الشتاء. هناك عدة أسباب لذلك. فكلما زاد الأرتفاع كلما اقتربت الشمس من الأفق والأشعة التي تدخل المجال الجوى بزاوية لابد أن تقطع مسافة أطول حتى تصل إلى سطح الأرض وبذلك يزيد ما يفقد منها بالأمتصاص. بالأضافة إلى ذلك فان شدة الضوء تقل لأن كمية معينة من الضوء تسطع على مساحة أكبر عند الأرتفاعات العالية عما هي عليه الحال عند خط الأستواء (الشكل ٣٧ـ١). الزاوية القليلة التي تسقط بها الأشعة على سطح الأرض تؤدى أيضا إلى خسائر أكبر بسبب الأنعكاس ومن ثم كمية الطاقة المتاحة للبناء الضوئي. وإذا كانت كل الأمور الأخرى متساوية (وهي غالبا ليست كذلك) فإننا كنا نتوقع أن تكون المناطق الأستوائية أكثر إنتاجية من المناطق المعتدلة. فهي تستقبل حوالي ٨٠٠٠ ـ ١٠٠٠٠ كيلو سعر من الطاقة كل يوم على كل متر مربع من سطحها على مدار العام. والكيلو سعر، كما قد تتذكر، هو كمية الحرارة اللازمة لتسخين كيلوجرام من الماء بمقدار درجة مئوية واحدة. وحيث أنه يتم اطلاق كل الضوء الممتص بالبناء الضوئي في صورة حرارة فانه من البديهي أن نتتبع سريان الطاقة في المجال الحيوي على هيئة وحدات حرارية.



الشكل ٣٧ـ١ . نشأة المواسم. لايكون النهار قصيرا فقط في الشتاء ولكن تقل شدة ضوء الشمس كذلك عند سطح الأرض. تنقص الكمية الاجمالية من الطاقة المتلقاة أثناء السنة مع تزايد خطوط العرض أي أن النهار الطويل في الصيف لايعوض النهار القصير في الشتاء.

وبفضل النهار الطويل في الصيف تتلقى المناطق المعتدلة أيضا حوالي ٨٠٠٠ ـ ١٠٠٠٠ كيلو سعر /متر مربع/يوم أثناء موسم النمو وبذلك يمكننا أن نتوقع أن إنتاجيتها خلال أشهر الصيف تساوى انتاجية المناطق الأستوائية. وقد تكون في الواقع أكبر من ذلك بقليل على الرغم من أن الدراسات القليلة التي أجريت على انتاجية المناطق الأستوائية قد توصلت إلى نتائج متعارضة مع بعضها البعض.

٣٧ـ٢ : إنتاجية النظام البيئي ECOSYSTEM PRODUCTIVITY

ما هي كفاءة البناء الضوئي في تحويل طاقة الشمس إلى طاقة كيميائية مخزونة في جزيئات الغذاء؟ إحدى طرق الأجابة على هذا السؤال هي جمع و وزن كمية المادة النباتية التي ينتجها متر مربع واحد من الأرض خلال فترة زمنية معينة. الجرام الواحد من المادة النباتية الجافة (سوق، أوراق، إلخ) ومعظمها من المواد الكربوهيدراتية يعطى ٤,٢٥ كيلو سعر من الطاقة عند حرقها (أو تنفسها).

أجريت عدة دراسات بهذه الطريقة وتبين منها أن الغابة المتوسطة في المناطق المعتدلة تختزن حوالي ٥٠٠٠ كيلو سعر / متر مربع على مدى سنة. وهذا يعادل تقريبا انتاج كيلو جرام واحد من المادة النباتية الجافة لكل متر مربع من الغابة. عندما نأخذ في الأعتبار الكمية الكلية من الأشعاع الذي تتلقاه ونحسب الجزء القابل للأستغلال في

البناء الضوئي تكون كفاءة التحويل حوالي ١٪ ترتفع هذه القيمة قليلا (الشكل ٣٧-٢) إذا أضفنا اليها كمية الطاقة التي يستعملها النبات نفسة في القيام بالنشاطات الأيضية الخاصة به أي الكمية المستهلكة في التنفس الخلوي. ومن أجل التوصل إلى هذا الرقم لابد من قياس معدل التنفس في النباتات المدروسة. يمكن تحقيق ذلك بوضعهم في وعاء محكم شفاف وقياس معدل زيادة ثاني أكسيد الكربون في الهواء المحيط أثناء الليل بسبب التنفس. زيادة معدل تناقص ثاني اكسيد الكربون أثناء النهار (لأن معدل البناء الضوئي يكون أكبر من معدل التنفس) يؤدى إلى حساب الزيادة في المادة العضوية، على الأقل فيما يخص المواد الكربوهيدراتية. كمية الطاقة الحبيسة التي تفقدها النباتات في النهاية بسبب التنفس تختلف كثيرا من نوع إلى نوع ولكن المتوسط بالنسبة للغابات هو حوالي ٥٠٪ ومهما كان الرقم فان الكمية التي تعنينا هي محصلة الأنتاجية net productivity أي كمية الطاقة التي يختزنها التجمع النباتي في فترة زمنية معينة.

تجمعات النباتات الصحراوية تختزن حوالي ٥٠٠ كيلو سعر/ م٢/السنة وبالتالي فان إنتاجيتها تكون حوالي ١٠٪ فقط من إنتاجية غابات المناطق المعتدلة. تختلف التقديرات كثيرا بالنسبة لأنتاجية الغابات الأستوائية. فبعض القياسات تقدر هذه الأنتاجية بأربعة أو خمسة أضعاف انتاجية الغابات المعتدلة بينما البعض الآخر يشير إلى قيم أقل من ذلك بكثير.

لقد قيل الكثير في السنوات الأخيرة عن إمكانيات المحيطات في المساعدة على تغذية الأعداد البشرية المتزايدة. بعض تقديرات الأنتاجية تشير إلى أننا ربما كنا نستغل المحيطات الآن بمعدل يقارب أقصى إنتاجية لها. تكون المحيطات في أعلى حالاتها الأنتاجية عندما تكون المواد الغذائية المتاحة قريبة من السطح. وينطبق ذلك على المياه

الشكل ٣٧-٢. استغلال ضوء الشمس المرئي في مستنقع من نباتات البوط. على الأقل نصف الطاقة التي تختزن بالبناء الضوئي يفقد فيما بعد أثناء التنفس الخلوي للنباتات.

البناء الضوئي	٢,٢٪
الأنعكاس	٣,٠
البخر (بما في ذلك النتح) وتسخين الجو المحيط	٩٤,٨
المجموع	١٠٠,٠٪

الساحلية الضحلة وعلى بعض المناطق البعيدة عن الشاطىء مثل سواحل بيروحيث تجلب التيارات الصاعدة المواد الغذائية قريبا من السطح حتى المستوي الذي ينفذ اليه ضوء الشمس بالقدر الذي يكفي لحدوث البناء الضوئي . على الرغم من أن تقدير متوسط الأنتاجية للمحيطات بصفة عامة غير مؤكد بالمرة فانه ربما كان يقع في المدى ٥٠٠-١٠٠٠ كيلو سعر/م٢/سنة وهو ليس أحسن حالا بكثير من إنتاجية الصحاري . وحتى مع التسليم بأن المحيطات تغطى أربعة أخماس سطح الأرض إلا أنها لاتسهم في الأنتاجية العامة للأرض بأكثر من الثلث .

معظم غذاء الانسان يأتى بطريق مباشر أو غير مباشر من الزراعة وتحت الظروف المثلي تكون إنتاجية بعض أنواع الزراعة عالية جدا . فحقول قصب السكر قد تختزن ٢٥٠٠٠ كيلو سعر /م٢/سنة أو أكثر وزراعة الأصناف الجديدة من الأرز تمثل جزء من الثورة الخضراء (الشكل ٣٢-١) يمكن أن تؤدي إلى مستويات مماثلة من الأنتاجية . ومع ذلك فان الأجزاء المأكولة من النبات، أي حبوب الأرز، لاتختزن سوى ربع الأنتاجية العامة للنباتات . أما بالنسبة للزراعة في الأجواء المعتدلة فان معدلات الأنتاجية تتراوح بين ٥٠٠٠ إلى ١٢٠٠٠ كيلو سعر /م٢/سنة وهي تساوي تقريبا إنتاجية الغابات الناضجة في نفس المناطق (الشكل ٣٧-٣) . لاحظ مرة أخرى أن هذه القيم تمثل الأنتاجية العامة للنبات كله وليس للجزء المأكول فقط (وهذا قد يختزل هذه القيم بمقدار الثلثين تقريبا)

على الرغم من أن إنتاجية الأراضي الزراعية التي تحظى بادارة مكثفة قد تزيد كثيرا عن إنتاجية التجمعات النباتية الطبيعية فان الفرق بينهما يكون مضللا بعض الشيء . فالطاقة التي تكتسبها التجمعات الطبيعية تأتى بالكامل تقريبا من ضوء الشمس الذي يسطع عليها والحال ليس كذلك بالنسبة للزراعة عالية الأنتاجية . فمن أجل الوصول إلى المحاصيل العالية التي تنتجها الأصناف الهجين من الذرة والأرز والقمح لايكفي فقط أن يكون هناك ضوء من الشمس ولكن لابد من وجود أسمدة وماء الرى ومبيدات الآفات والطاقة الآلية اللازمة لحرث وزرع الأرض وكذلك لجنى المحصول . تصنيع الأسمدة لايتطلب فقط مصادر مباشرة للطاقة بل إنه يتم تصنيع الكثير من الأسمدة من البترول والغاز الطبيعي كذلك . (هذه المواد الخام هي مصدر ذرات الهيدروجين اللازمة لتثبيت نتروجين الهواء وتكوين أسمدة مثل الأمونيا واليوريا ونترات الأمونيوم) .

كذلك يتطلب تصنيع ونقل واستخدام مبيدات الآفات والأسمدة بعض الطاقة. وبالمثل يتطلب ضخ ماء الرى وتشغيل آلات الحرث والزراعة والحصاد قدرا من الطاقة. المصدر الرئيسي للطاقة المستغلة في كل هذه الأغراض هو الوقود الحفري: الفحم وزيت البترول والغاز الطبيعي. كل هذه تمثل الأنتاجية المخزونة لنظم بيئية كانت موجودة في عهود قديمة من تاريخ الأرض. لذلك فان التقدير الواقعي لأنتاجية الأراضى الزراعية لابد أن يأخذ في الحسبان عدد الكيلو سعرات /م^{2}/سنة من الطاقة المستمدة من الوقود (الضوء الحفري) المبذولة في هذه العملية.

تم حساب مثل هذه القيم. وقد أوضحت أنه في الولايات المتحدة هناك تزايد مستمر خلال سنوات هذا القرن في عدد سعرات الوقود اللازم لأنتاج سعر واحد من الغذاء الجاهز للأكل. هذه النسبة الآن هي ٩ : ١ هذا يعني أنه لكل سعر يوضع أمامك على المائدة تم إنفاق ٩ سعرات لزراعة ومعالجة ونقل وتسويق وطهى الطعام الذي يحتوي على هذا السعر. وفي الواقع فان الزراعة الحديثة هي عملية تحويل الوقود الحفري إلى غذاء. ومن الناحية الكمية لايلعب ضوء الشمس إلا دور ضئيل.

يمكن تحقيق إنتاج زراعي كبير بدون إدخال كميات ضخمة من الطاقة الحفرية. هناك قبيلة صغيرة في غينيا الجديدة هي قبيلة تسيمباجا تمارس الزراعة المكثفة في أماكن أزيلت منها النباتات مؤقتا في الغابة التي يعيشون فيها. المصدر الوحيد للطاقة (بخلاف ضوء الشمس) هو عضلاتهم ولا حاجة لمزيد من الطاقة في صورة سماد وذلك لأنه يتم تسميد التربة بواسطة الرماد الناتج من حرق الكساء النباتي الذي يقطعونة (الشكل ٣٧-٤). وكلما نضجت المحاصيل فان الكساء النباتي يعاود النمو مرة أخرى ببطء إلى أن يهجر الناس هذا الحقل لتعاود الغابة النمو فيه مرة أخرى بعد عام إلى عامين على ذلك فان زراعة المحاصيل لاتستمر لفترة طويلة تؤدى إلى إستنزاف خصوبة التربة.

يمكن حساب السعرات المطلوبة لأزالة الأشجار من كل بقعة والتخلص من الحشائش وجني المحصول. كذلك يمكن بسهولة حساب محتوي المحصول من السعرات وقد تبين أن النسبة بينهما أفضل من ١٦ : ١ بعبارة أخرى، بينما تنفق الزراعة في الولايات المتحدة تسع سعرات لتكسب سعرا واحدا من الغذاء فان زراعة التسيمباجا تنتج ١٦ سعر غذائي لكل سعر يبذله الأنسان كما أن زراعة التسيمباجا تحقق كفاءة عالية اذا قيست بكمية المحصول في الفدان. فمتوسط محصول الأجزاء التي

الشكل ٣٧-٣. صافي الأنتاجية لبعض النظم البيئية الطبيعية والأصطناعية. هذه القيم تقريبية فقط وقد تتعرض لتغيرات كبيرة بسبب التباين في درجة الحرارة، الخصوبة ووفرة الماء.

صافي إنتاجية بعض المنظم البيئية	كيلو سعر / م/ سنة
غابات نفضية معتدلة	٥٠٠٠
غابات أمطار إستوائية	١٥٠٠٠
براري من النجيليات الطويلة	٢٠٠٠
صحاري	٥٠٠
مستنقع ساحلي	١٢٠٠٠
المحيط (بالقرب من الشاطيء)	٢٥٠٠
المحيط بعيدا عن الشاطيء	٨٠٠
بحيرة صافية (قليلة النشاط الغذائي)	٨٠٠
بحيرة في مرحلة متقدمة من النشاط الغذائي	٢٤٠٠
ينابيع سيلفر، فلوريدا	٨٨٠٠
حقل من البرسيم (نبات بقولي)	١٥٠٠٠
حقل من الذرة، بالولايات المتحدة	٤٥٠٠
حقول الأرز، باليابان	٥٥٠٠
أحد المروج في واشنطون، دي . سي	٦٨٠٠
حقل من قصب السكر في هاواي	٢٥٠٠٠

تؤكل هو ٢٣٠٠ كيلوسعر /م^{2} وهو مايعادل أو يزيد عن محصول الأجزاء التي تؤكل من القمح والذرة التي تزرع في الولايات المتحدة. اذن لماذا لاتعود الدول المتقدمة إلى زراعة المحاصيل بطريقة التسيمباجا؟ لأننا لانرغب أو لا نستطيع أن نستثمر الجهد البشري كما يستثمـروه. أقل من ٥٪ من تعداد الولايات المتحدة يزرع الغذاء لبقية السكان بينما كل فرد من التسيمباجا مزارع.

٣٧-٣. السلاسل الغذائية FOOD CHAINS

ماذا يحدث للأنتاجية الصافية لتجمع نباتي؟ البعض تحصده حيوانات آكلة للنباتات هي آكلة العشب herbivores. هذه ليست فقط حيوانات مثل الغزال والماشية ولكن هناك آكلات عشب أخرى صغيرة مثل الحشرات. بعض الأنتاجية الصافية تستهلكه



الشكل ٣٧-٤. احد أفراد التسيمباجا يقوم بتجهيز موقع لحديقة في غابات غينيا الجديدة. حرق المخلفات الناتجةعن ازالة النباتات من الموقع يطلق المواد المعدنية التي سوف تستعملها المحاصيل المزروعة. جذوع العديد من الأشجار تترك حية وهي سوف تستغل في تدعيم محاصيل معينة. وبعد ذلك سوف تعيد موقع الحديقة إلى غابة مرة أخرى. (بتصريح من الدكتور أ. رابا بورت).

كائنات التحلل، وهي الفطريات والبكتيريا أساسا. في بعض التجمعات النباتية يتم تخزين جزء من الانتاج. في بعض المستنقعات مثلا يهرب الكثير من الأنتاج من التحلل ويتراكم على هيئة دوبال وقد أدت التراكمات في الماضي إلى تكوين الفحم.

في غابة كاملة النضج تزيد الكمية الأجمالية من المادة العضوية سنويا كلما زادت النباتات المعمرة الخشبية في الحجم. وهذا أيضا يمثل تخزين. وعندما يكتمل نضج الغابة يتساوي الفقد في المادة العضوية بالموت والتحلل والفقد بالرعي مع صافي الأنتاجية. عند هذه النقطة لايكون هناك زيادة في الكمية الحيوية من سنة إلى أخرى. يستعمل مصطلح الكمية الحيوية biomass (أو المحصول القائم standing crop) للتعبير عن اجمالي المادة العضوية الموجودة في نظام بيئي.

عندما يؤكل بعض المحصول القائم في تجمع نباتي تنتقل الطاقة إلى كائن شاذ التغذية يعتمد عليها لبقائه على قيد الحياة. فالنطاط على سبيل المثال، ينمو ويقوم بكل نشاطاته الحيوية بفضل الطاقة المختزنة في النبات الذي يأكله. آكلات العشب بدورها تكون غذاء للحيوانات آكلة اللحوم carnivores فالنطاط تأكله الضفادع وتستمر

عملية انتقال الطاقة من مخلوق إلى مخلوق. الضفدع قد يأكله ثعبان أسود وهذا بدوره يأكله الصقر.

مثـل هذا المسـار لأستهـلاك الغـذاء يسمى سلسلة غذائيـة food chain كل السلاسل الغذائية تبدأ بكائن ذاتي التغذية أي كائن يقوم بالبناء الضوئي مثل نبات أخضر. هذه الكـائنـات تسمى المنتجون producers لأنهم هم فقط الذين يمكنهم تصنيع الغذاء من مواد أولية غير عضوية. أي كائن مثل بقرة أو النطـاط ، يتغـذى على النبـات مبــاشرة فهـو آكــل العشـب أو المستهلك الأبتـدائي primary consumer (الشكـل ٣٧ـ٥). آكلات اللحوم مثل الضفدع، التي تتغذى على أكلات العشب تسمى بالمستلك الثانوي secondary consumer. آكلات اللحوم، مثل الثعبان، التي تأكـل المستهلـك الثـانـوي هي المستهلـك الثالثي tertiary consumer كل مستوي للأستهـلاك في سلسلـة غذائيـة يسمى مستـوي غذائـي trophic level.

عند محاولة تحديد من يأكل من في تجمع طبيعي فان المرء سرعان ما يكتشف أن السلاسل الغذائية المختلفة تتداخل مع بعضها. أغلب الحيوانات يكون غذاؤها متباين وهي بدورهـا تكـون غذاء لمخلوقـات أخرى كثيرة تفترسها. وعلى ذلك فان الطاقة الموجودة في الأنتاج الصافـي للمنتجيـن تمر خلال شبكـات غذائية food webs على قدر كبير من التعقيد (الشكل ٣٧ـ٦).

عنـد كل مستـوي استهـلاكي في سلسلة غذائية فان بعض الأنتاج الصافي لهذا المستـوي لايستهلك بواسـطة مستوي أعلى وانما يتحلل بعد موت الكائنات بواسطة الأحياء الدقيقة المتخصصة في التحلل. وهذه في الغالب تكون من الفطريات وبعض البكتيريا التي توجد بأعداد كبيرة في التربة وحينما توجد مادة عضوية. وهي تستخلص

الشكل ٣٧ـ٥. مثال لسلسلة غذائية والمستويات الغذائية الممثلة فيها.

نبات نجيلي ← نطـــاط ← ضفدعة ← ثعبان ← صقـــر ← بكتيريا التحلل.
بصفة عامة
ذاتيات التغذية ← أكلات العشب ← آكـلات اللحـوم (المستهلـك ← المحللون
(المتجون) (المستهلك الإبتدائي، الثانوي، الثالثي، الخ)

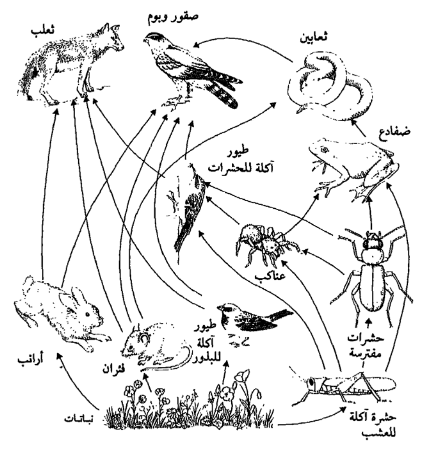
الطاقة المتبقية في المادة العضوية ومن ثم تطلق النواتج غير العضوية للتحلل (مثل ثاني أكسيد الكربون، الأمونيا) مرة أخرى في الجو. وبذلك يكون سريان الطاقة في المجال الحيوي في اتجاه واحد: من الشمس إلى المنتجين ثم إلى المستهلكين وأخيرا إلى كائنات التحلل. ومع ذلك فانه لابد من اعادة استخدام المواد التي تبنى منها أجسام الكائنات الحية والتي تستطيع أن تختزن طاقة الشمس إذ كان لهذا النظام أن يواصل عمله. أنه من خلال نشاط كائنات التحلل ـ التي تعمل عند كل مرحلة في السلاسل الغذائية يحدث الكثير من عملية اعادة الاستخدام. وسوف ندرس في الباب التاسع والثلاثين الأدوار الخاصة التي تلعبها كائنات التحلل في عمليات اعادة استخدام المادة.

٣٧-٤. سريان الطاقة خلال سلاسل الغذاء

ENERGY FLOW THROUGH FOOD CHAINS

ماهي كفاءة تحويل الأنتاج الصافي لأحد المستويات الغذائية بالنسبة للأنتاج الصافي للمستوي التالي؟ إنها بلاشك بعيدة عن ١٠٠٪ على الرغم من أنه في بعض الكائنات، مثل بعض سلالات الدواجن المهجنة بعناية تكـون النسبة المئوية للتحويل عالية جدا. فالدجاج اللاحم يكسب نصف رطل من الوزن الحى لكل رطل من الغذاء يتناوله. (حيث أن المحتوي المائي للأثنين ليس واحدا فان الكفاءة تكون بالفعل أقل من نسبة ٥٠٪ الظاهرية).

ليس من المحتمل أن يمكن التوصل إلى كفاءات تحويل اكبر كثيرا من ذلك لأن الكثير من الطاقة التي يستهلكها الكائن لابد أن تستغل في ابقائه حيا ولايمكن تخزينها كانتاجية صافية. هذه الطاقة تنتقل بالتنفس الخلوي إلى طاقة في جزيئات ATP وبذلك تصبح متاحة لـ: (١) دفع النشاطات الأيضية التي تحول بعض جزيئات الغذاء المأكول إلى مزيد من الدجاج، (٢) تمكن الدجاج من الحركة والمحافظة على الأتزان البدني بما في ذلك المحافظة على حرارة الجسم. في الواقع، فان الشكل النهائي للطاقة الناتجة من كل النشاطات الأيضية للدجاج هو الحرارة. ولا غرابة إذن في أن كفاءات التحويل العالية التي تحققها هذه الطيور تكون ممكنة فقط عند تربيتها في أماكن محددة نسبيا وعند درجـات حرارة دافئة. كلما زاد النشاط الجسماني للكائن كلما قلت النسبة المئوية من غذائه التي تستخدم في النمو.

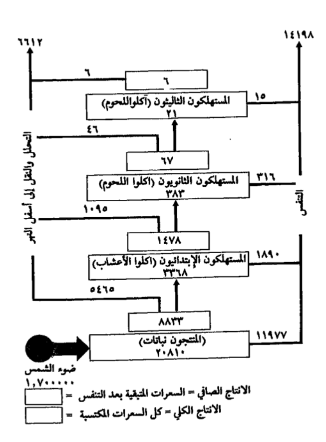


الشكل ٣٧ـ٦: شبكة غذائية في غابة نفضية معتدلة (مبنية على دراسات الدكتور في أي. شيلفورد بتصريح).

تمت محاولات قليلة لقياس سريان الطاقة في السلاسل الغذائية. واحدة من أكثر هذه المحاولات تعقيدا هي تلك التي قام بها هـ. ت. أودم على نظام بيئي لنهر وهو ينابيع سيلفر بولاية فلوريدا. وقد وجد أن الأنتاج الصافي للمنتجين هو ٨٨٣٣ كيلو سعر /م٢/سنة (الشكل ٣٧ـ٧). معظم هذه المادة (٥٤٦٥ كيلو سعر) أصبح مخلفات نباتية قامت المحللات بتحليلها أو حملت مع تيار الماء بعيدا عن النظام البيئي. إستهلكت آكلات العشب ٣٣٦٨ كيلو سعر /م٢/سنة. أكثر من نصف هذا الأستهلاك (١٨٩٠ كيلو سعر) فقد من خلال التنفس الخلوي بصفة أساسية. وعلى ذلك يكون صافي إنتاجية آكلات العشب هو ١٤٧٨ كيلو سعر /م٢/سنة هذا يمثل ١٧٪ من صافي إنتاجية المنتجين. مات بعض المستهلكين الأبتدائيين وتحللت بقاياهم أو انتقلت مع التيار إلى أسفل النهر. لم يستهلك المستهلكون الثانويون سوى ٣٨٣ كيلو سعر /م٢/سنة. منها ٣١٦ كيلو سعر في تنفسهم تاركين ٦٧كيلو سعر

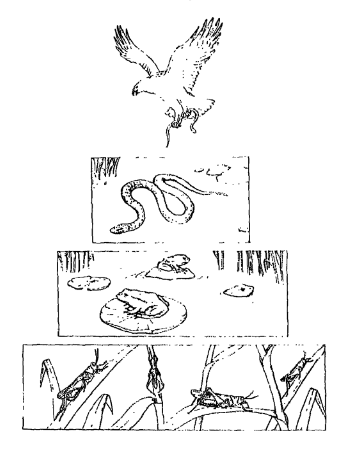
/م٢/سنة فقط كصافي إنتاجية عند هذا المستوي الغذائي. مثل هذه الكفاءة التحويلية المنخفضة تميز آكلات اللحوم التي يكون لزاما عليها بذل نسبة كبيرة من طاقتها في إقتفاء الفرائس التي تستمد منها المزيد من الطاقة.

من بين ٦٧ كيلو سعر /م٢/ سنة عند مستوي المستهلكين الثانويين (أول آكلات اللحوم) فقد ٤٦ كيلو سعر بالتحلل والنقل إلى أسفل النهر ولم يمض إلى المستهلكين الثالثين سوى ٢١ كيلو سعر /م٢/ سنة. من هذه إستهلكوا ١٥ كيلو سعر في التنفس وبقيت الأنتاجية الصافية عند ٦كيلو سعر /م٢/سنة (الشكل ٣٧-٧) ونظرا لعدم وجود مستوي أعلى من آكلات اللحوم وعدم تخزين الطاقة (أي أن الكتلة الأحيائية biomass للمستهلكات الثالثة لم تزد من سنة إلى سنة) فان صافي الأنتاج كان يصل في النهاية إلى كائنات التحلل إما في النظام البيئي لينابيع سيلفر أو أسفل النهر. على النقيض من المستنقع أو الغابة الحديثة فان النظام البيئي لينابيع سيلفر ليس به تخزين للطاقة عند أي مستوى غذائي. وبعبارة أخرى فإنه لا الكتلة الأحيائية الكلية ولا الكتلة الأحيائية عند أي مستوى غذائي زادت من سنة إلى سنة.



الشكل ٣٧-٧: سريان الطاقة في ينابيع سيلفر بولاية فلوريدا. الأرقام تعبر عن الكيلوسعرات لكل متر مربع في السنة. لاحظ الخسائر الكبيرة في الانتاج الصافي كلما مرت الطاقة من مستوي غذائي الى المستوي الغذائي الذي يليه. (مبنية على بيانات حصل عليها هوارد ت. أودم).

في نظام ينابيع سيلفر، تتراوح كفاءة نقل الطاقة من مستوي غذائي إلى المستوي الذي يليه من ١٧٪ إلى ٤,٥٪. ومن دراسات مماثلة على نظم بيئية أخرى يمكن أن نضع متوسط كفاءة النقل (أي الأنتاج الصافي عند أحد المستويات بالنسبة للأنتاج الصافي عند المستوي الذي يليه) بحوالي ١٠٪ ومهما كانت التباينات من حالة إلى حالة فان هذا التقدير التقريبي له أهمية كبيرة. فهو يفسر مثلا لماذا يكون رطل اللحم أغلى من رطل الذرة. فقد ذهبت عدة أرطال من الذرة في إنتاج رطل اللحم. أغلبنا يحصل على الطاقة في المرحلة الثالثة وقد استلزم انتاجها فقد كمية هائلة من الطاقة وبالطبع يكون الموقف أسوأ بالنسبة لآكلات اللحوم التي تتغذى بآكلات لحوم أخرى (مثلا عندما نأكل أسماك السلمون). وعلى ذلك فان جزءا كبيرا من طاقة الشمس (التي حبستها في الأصل كائنات ذاتية التغذية تقوم بالبناء الضوئي) يعود مرة أخرى إلى البيئة (على هيئة حرارة في النهاية) عند كل مرحلة في السلسلة الغذائية. يمكننا أن نستنتج إذن أن الكمية الكلية من الطاقة المختزنة في أجسام عشيرة ما تعتمد على مستواها الغذائي. الكمية الكلية من الطاقة الموجودة في الضفادع لابد بالضرورة أن تكون أقل



الشكل ٣٧ـ٨: أحد أهرام الطاقة. عند كل حلقة اتصال في السلسلة الغذائية يحدث اهدار للطاقة التي اختزنها المنتجون الاصليون ذوى التغذية الذاتية. ماهي العلاقات الأخرى التي توجد في مثل هذه السلسلة الغذائية؟

بكثير من الكمية الكلية من الطاقة الموجودة في الحشرات التي تتغذى بها. والحشرات بدورها لا يوجد بها سوى جزء من الطاقة المخزونة في النباتات التي تتغذى بها هذه الحشرات. هذا النقص في الطاقة الكلية المتاحة عند كل مستوي غذائي أعلى يسمى أحيانا بهرم الطاقة pyramid of energy في السلسلة الغذائية التي ناقشناها تكون النجيليات ذاتية التغذية هي قاعدة الهرم بينما الصقر آكل اللحوم يمثل قمة هذا الهرم (الشكل ٣٧ـ٨). باستخدام نتائج أودم عن الأنتاجية الصافية للمستويات الغذائية المختلفة في ينابيع سيلفر نحصل على هرم الطاقة المبين في الشكل ٣٧ـ٩.

كيف يمكن قياس كمية الطاقة في عشيرة؟ يمكن حرق الكائنات وقياس كمية الحرارة المنبعثة بدقة. طريقة أقل ضررا هي ببساطة تقدير كتلة العشيرة. حيث أن كل الكائنات تتركب تقريبا من نفس الجزيئات العضوية فان قياس وزنها الجاف هو مقياس تقريبي لكمية الطاقة المخزونة فيها. حاصل ضرب تعداد العشيرة في متوسط وزن الفرد فيها يعطى الوزن الكلي للعشيرة. وهذا أيضا يتناقص مع زيادة البعد في السلسلة الغذائية عن الكائنات ذاتية التغذية، التي قامت بتكوين الجزيئات العضوية في المقام الأول. الوزن الكلي للضفادع في منطقة ما لابد بالضرورة أن يكون أقل من الوزن الكلي للحشرات التي تغذت الضفادع بها. الشكل ٣٧ـ١٠ (١) يوضح هرم الكتلة الأحيائية pyramid of biomass لينابيع سيلفر.

في بعض النظم البيئية المائية قد يكون هرم الكتلة الأحيائية المكونة من المنتجين والمستهلكين الأبتدائيين مقلوبا (الشكل ٣٧ـ١٠ب). عند لحظة معينة، تكون كمية الطاقة المخزونة في عشائر المستهلكين الأبتدائيين (آكلات عشب ضئيلة هائمة تسمى البلانكتون الحيواني zoo plankton) أكبر من تلك المخزونة في عشائر المنتجين (طحالب

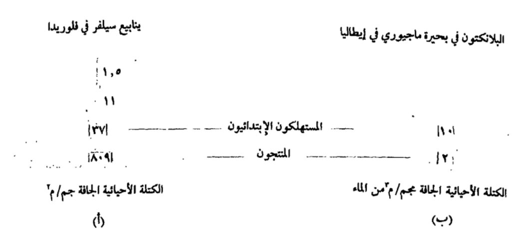
المستهلكون الثالثيون ٦

المستهلكون الثانويون (آكلوا اللحوم) ٦٧

المستهلكون الإبتدائيون (آكلوا الأعشاب) ١٤٧٨

المنتجون ٨٨٣٣

الشكل ٣٧ـ٩: هرم الطاقة في ينابيع سيلفر بفلوريدا. الأرقام تمثل الانتاج الصافي عند كل مستوي غذائي بالكيلوسعر/ م٢/ سنة. (مبني على أساس بيانات حصل عليها هوارد ت. أودم).



الشكل ٣٧-١٠ : (أ) هرم الكتلة الاحيائية في ينابيع سيلفر، فلوريدا. تمثل الارقام الوزن الجاف للمادة العضوية (للتمر المربع) عند وقت أخذ العينات (مبني على معلومات جمعها هوارت ت. أودم). (ب) هرم مقلوب الكتلة الاحيائية في بحيرة. الأرقام تمثل الوزن الجاف بالملليجرام من المادة العضوية (في متر مكعب من الماء) عند وقت أخذ عينات من عشائر البلانكتون النباتي (المنتجون) والبلانكتون الحيواني (المستهلكون الابتدائيون). المعدل الأعلى لنمو البلانكتون النباتي يمكنه من اعاشة كتلة أكبر من البلانكتون الحيواني. ولذلك فالبلانكتون النباتي يختزن طاقة أكبر مما يختزنها البلانكتون الحيواني عند أي مرحلة زمنية، ولا يكون هرم الطاقة لهذين المستويين الغذائيين مقلوبا (مبني على دراسة و. رافيرا).

هائمة تسمى البلانكتون النباتي phytoplankton) تفسير هذا الأنقلاب الغريب هو إختلاف معدلات نمو هذه العشائر عند المستويين الغذائيين. تنمو عشائر البلانكتون النباتي أسرع بكثير من عشائر البلانكتون الحيواني. لذلك فانه على الرغم من أن الكتلة الأحيائية للبلانكتون النباتي تكون صغيرة عند أي لحظة فانها كتلة أحيائية جديدة تتولد بسرعة عالية. وبنفس سرعة انتاجها فانه يتم حصادها بواسطة الكتلة الأحيائية الأكبر و الأبطأ للبلانكتون الحيواني. ومع ذلك، فخلال أي فترة زمنية فان الطاقة التي يأسرها البلانكتون النباتي تكون أكبر من تلك التي يكتسبها البلانكتون الحيواني. ولذلك يكون هرم الطاقة لهذا النظام البيئى غير مقلوب.

نتيجة أخرى للمباديء البيئية التي كنا نناقشها هي أن الحيوانات الصغيرة أكثر عددا من الحيوانات الكبيرة . الشكل ٣٧-١٢ يبين هرم الأعداد pyramid of numbers الناتج من تعداد عشائر الكائنات ذاتية التغذية، وآكلات العشب، ومستويين غذائيين من آكلات اللحم في فدان من المراعى. ينشأ الهرم أساسا من حقيقة أن الكتلة

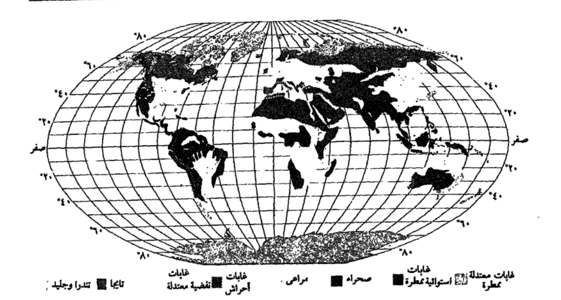
	عدد الأفراد	
آكلوا اللحم (أكبر)	٣	المستهلكون الثالثيون
آكلوا اللحم (أكبر)	٣٥٤,٩٠٤	المستهلكون الثانويون
آكلو العشب (صغار)	٧٠٨٦٢٤	المستهلكون الإبتدائيون
ذاتيو التغذية	٥٨٤٢٤٢٤	المنتجون

الشكـل ٣٧-١١: هرم الأعـداد في فدان من النجيل الأزرق. عند كل مستوي غذائي لابد من اختزال عدد أفراد العشيرة بشدة اذا كان كل فرد أضخم من أولئك اللذين يتغذى بهم وذلك بسبب الخسائر الى المستوي الذي يليه. (أعيد رسمة بتصريح من اي. بي. أودم أسس علم البيئة الطبعة الثانية، ١٩٥٩، مبني على معلومات جمعها ايفانز، كين والكوت).

الأحيائية لكل نوع تكون محددة بمستواه الغذائي. فاذا كان حجم الأفراد صغيرا كان عددهم كبيرا والعكس بالعكس. عادة تكون الحيوانات المفترسة أكبر من فرائسها ولكن نظرا لوجودهم عند مستوي غذائي أعلى، فانه لابد أن تكون كتلتهم الحيوية أقل. وبالتالي يكون عدد الأفراد في عشيرة من الحيوانات المفترسة أقل بكثير من عدد الفرائس.

٣٧-٥. التكوينات الأحيائية THE BIOMES

إذا كنت تسكن في بنسلفانيا وسافرت إلى شمال فرنسا فانك قد تندهش للأختلافات الثقافية التي تجدها هناك ولكنك ربما تشعر بأن المنظر العام يشبه موطنك إلى حد كبير وعالم النبات سوف يدرك أن أنواع الأشجار والشجيرات في شمال فرنسا مختلفة عن تلك الموجودة في بنسلفانيا وان كانت نوعية النباتات وطريقة نموها بصفة عامة متشابهة. أما الأنتقال جنوبا إلى ساحل فرنسا المطل على البحر الأبيض المتوسط فان له قصة أخرى. فهناك يكون للنباتات مظهر مختلف تماماً عما هو في بنسلفانيا (وهو مظهر يجعل ساكني جنوب كاليفورنيا يشعرون بأنهم في موطنهم تماما). ليست النباتات فقط هي التي تكون مختلفة ولكن الحيوانات البرية في المنطقتين تختلف كذلك. مثل هذه التجمعات النباتية والحيوانية المميزة تسمى بالتكوينات الأحيائية biomes (الشكل ٣٧-١٢).



الشكل ٣٧-١٢ : التكوينات الأحيائية الرئيسية في العالم (عن ليفي عناصر علم الأحياء، ١٩٧٨ أديسون - ويزلي، ريدنج وماس. - الشكل ٢٢-١ ، أعيد رسمة بتصريح).

لايمكن تحديد عدد أنواع التكوينات الأحيائية المختلفة على الأرض بدقة. وسبب ذلك ببساطة هو أنه لاتوجد منطقة متجانسة تماما من حيث الحياة النباتية والحيوانية. فان كنت ترغب في ابراز الأختلافات فانك تزيد عدد التكوينات الأحيائية. وان كنت من النوع الذي يتغاضى عن الأختلافات لصالح التشابهات فانك تختار العدد الأقل من التكوينات الأحيائية. وعموما يمكننا أن نعتبر أن أمريكا الشمالية بها سبعة تكوينات أحيائية.

يتفاعل عدد من المظاهر المناخية في إنشاء والمحافظة على التكوين الأحيائي. عندما يكون نزول المطر معتدل الغزارة (٤٠ بوصة أو أكثر في السنة) وموزعا بانتظام على مدار العام فان العامل المحدد الرئيسي يكون درجة الحرارة. ناقشنا سابقا في هذا الباب الالية التي تؤدى إلى درجات حرارة منخفضة عند الأرتفاعات المتزايدة. في الواقع أن متوسط درجات الحرارة ليس هو المهم ولكنها العوامل المحددة مثل (١) إن كانت تصل إلى درجة التجمد أو (٢) طول موسم النمو.

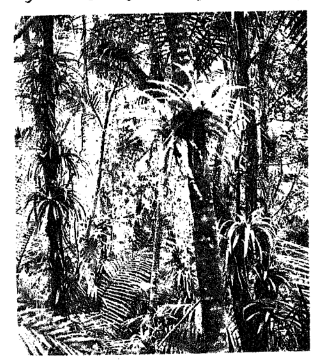
وعلى فرض أن المطر يكون كافيا فاننا نجد أربعة تكوينات أحيانا كلما اتجهنا من منطقة ذات متوسط درجة حرارة عالي (المناطق الأستوائية) إلى منطقة ذات متوسط درجة حرارة منخفض (المنطقة القطبية الشمالية).

١ ــ الغابات الأستوائية الممطرة THE TROPICAL RAIN FOREST

في نصف الكرة الغربي، تصل الغابات الأستوائية الممطرة أكمل درجات نموها في أحراش أمريكا الوسطى والجنوبية. الأشجار تكون طويلة جدا وفيها و فرة عالية من الأنواع. نادرا مايجد المرء شجرتين من نفس النوع ناميتين بالقرب من بعضهما والكساء النباتي يكون من الكثافة بحيث لايصل إلا القليل من الضوء إلى قاع الغابة. معظم النباتات تكون دائمة الخضرة وليست متساقطة الأوراق. أفرع الأشجار تكون مغطاة تماما بالمتسلقات vines والنباتات المعلقة epiphytes. والنباتات المعلقة تعيش متثبتة بنباتات أقوى منها، وعلى خلاف المتسلقات، لا تصل جذورها إلى التربة ولا تحصل على غذاء من عائلها. الكثير من الأوركيدات والبروميليات (أعضاء فصيلة الأناناس pine-apple) من المعلقات.

التنوع في الحيوانات كما في النباتات يكون هائلا في الغابات الأستوائية الممطرة. نسبة عالية من أنواع الحيوانات، ثدييات وزواحف وطيور، تعيش على أشجار الغابة.

أقرب شيء في الولايات المتحدة إلى التكوين الأحيائي للغابات الأستوائية الممطرة هي تلك الجزر المغطاة بالغابات والتي توجد متناثرة في منطقة افرجليدز عند الطرف



الشكل ٣٧-١٣ : التكوين الاحيائي لغابة استوائية ممطرة في بورتوريكو. وفرة من المتسلقات والنباتات المعلقة تميز هذا التكوين الأحيائي.



الشكل ٣٧-١٤ : الخريف في غابة نفضية معتدلة . بولاية مين (أخذ الصورة ديك مورتون) .

الجنوبي لفلوريدا (الشكل ٣٧-١٣). يعتمد وجودها على أن الحرارة لاتصل أبدا إلى درجة التجمد وعلى الحماية من الحرائق التي تندلع بصفة دورية في المنطقة. هذه الأجزاء من الغابات الممطرة شبة الأستوائية تبقى محمية في منتزة إيفرجليدز الوطني.

٢ ـ الغابة النفضية المعتدلة THE TEMPERATE DECIDUOUS FOREST

التكوين الأحيائي من الغابات النفضية المعتدلة في أمريكا الشمالية يشغل النصف الشرقي من الولايات المتحدة. وهو يتميز بأشجار خشبية قوية (الزان beech الأسفندان maple البلوط oak الجوز hickory الخ) تتساقط أوراقها في الخريف. عدد أنواع الأشجار المختلفة هنا أقل بكثير مما هو عليه في التكوين الأحيائي للغابات الأستوائية الممطرة ويمكن العثور على مساحات كبيرة بها نفس النوع من الأشجار. أما بالنسبة للحياة الحيوانية، فان الغزلان deer والراكون racoon والسلاماندر salamander تميز هذا التكوين الأحيائي (الشكل ٣٧-١٤).

٣ ـ التايجا. THE TAIGA

كلما إنتقلنا شمالا نحو كندا تبدو صورة جديدة: تسود المخروطيات، خاصة السرو



الشكـل ٣٧ـ١٥ : التـايجا، وهي التكوين الأحيائي الذي يسـمـى عنـد العـامـة السرووالموس والمنظر هنا من كولومبيا البريطانية (بتصريح من د. بينامين دين، جامعة تفتس).

spruce و التنـوب fir (الشكـل ٣٧ـ١٥). هذه هي التـايجـا، والتي سميت باسم التكـوين الأحيائي المماثل لها والموجود في الأتحاد السوفييتي. وهي أراضي تنتشر فيها البحيرات وتسكنها الدببة والقوارض (مثل السنجاب) والطيور وعجول الموس moose وهذه الأخيرة تميز هذه المناطق حتى ان البعض يسمى هذا التكوين الأحيائي بتكوين السرو والموس "spruce-moose". أثناء الشتاء البارد تدخل معظم الحيوانات في حالة البيات الشتوى بينما يهاجر أكثر الطيور إلى الجنوب.

٤ ـ التنـــدرا THE TUNDRA

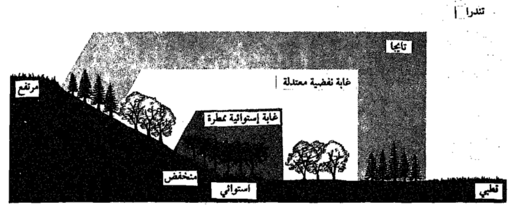
إلى الشـمال تزداد أشجـار التـايجا تقزما بسبب قوة المناخ شبة القطبي وفي النهاية لتكشف عن أراضي من المستنقعات والبحيرات وهي أراضي تكون من البرودة في الشتاء حتى إن النهار الطويل في الصيف القطبي لايستطيع اسالة الجليد الدائم permafrost الـذي تكـون تحت الطبقة السطحية من التربة. في موسم النمو القصير يسود حزاز سفاجنم sphagnum ومجموعة متنوعة من الأشن وبعض النجيليات وبعض الحوليات سريعة النمو (الشكل ٣٧ ـ ١٦) تتغذى الرنـة caribou على هذا النمو وكذلك تفعل



الشكل ٣٧-١٦: الخريف في التندرا الموجودة في منتزة ماكنلى بألاسكا. يرى في الخلف سلاسل جبال ألاسكا (و. روث/ بروس كولمان المحدودة).

أعداد هائلة من الحشرات. في الصيف تغزو الطيور المهاجرة، وخاصة الطيور المائية، التندرا لرعاية صغارها وتغذيتها على الحشرات وأنواع عديدة من اللافقاريات والفقاريات المائية. وكلما اقترب الصيف القطبي من نهايته تطير الطيور نحو الجنوب ويستعد أغلب السكان المقيمين لقضاء الشتاء في حالة كمون بطريقة أو بأخرى.

هناك وسيلة أخرى لزيادة التكوينات الأحيائية المختلفة بدون قطع مئات الأميال. فدرجة الحرارة هي المؤثر الرئيسي في استقرار هذه التكوينات الأحيائية الأربعة، وكما رأينا فان درجة الحرارة تختلف باختلاف الأرتفاع وكذلك باختلاف خطوط العرض. الرحلة إلى قمة جبل واشنطون بولاية نيوهامبشير سوف تمكنك من العبور من غابة معتدلة نفضية ذات أشجار خشبية قوية في الوادي إلى منطقة يسودها السرو ثم منطقة ألبية alpine تسودها الأشن والحزازيات بالقرب من القمة. وبينما لاتكون الخصائص الطبيعية والأحيائية لهذه المناطق مطابقة للتكوينات الأحيائية الناجمة عن خطوط العرض فان هناك أوجه تشابه كثيرة بينهما (الشكل ٣٧-١٧). وكقاعدة عامة، فان صعود



الشكل ٣٧-١٧: لاتتغير التكوينات الأحيائية مع خطوط العرض فقط (في اليمين) ولكن مع الأرتفاع كذلك (في الشمال).

١٠٠٠ قدم يعادل تقريبا رحلة نحو الشمال طولها حوالي ٦٠٠ ميل من حيث التغير في الفلورة والفونا.

يوجد في أمريكا الشمالية ثلاثة تكوينات أحيائية رئيسية أخرى هي المراعى (أو البرارى أو السهول) والصحراء والأدغال. العامل المنظم في هذه التكوينات الثلاثة ليس درجة الحرارة بقدر ما هو كمية وتوزيع الأمطار. الرياح التي تهب من المحيط الهادي على الجانب الغربي تأتي محملة بالرطوبة وفي كل مرة يرتفع هذ الهواء على السفوح الغربية لسلاسل الجبال الساحلية وجبال سييرا وجبال الكاسكادز وأخيرا جبال روكى بهذا التتابع فانه يتمدد ويبرد وتتكثف الرطوبة به إلى مطر ينهمر على سفوح الجبال. وحينما يصل الهواء إلى السفوح الشرقية يكون قد جف نسبيا ولا يهطل الا القليل من المطر. كم ومتى يسقط من المطر هو الذي يحدد ان كان التكوين الأحيائي في هذه المناطق من المراعي أو من الصحراء أو من الأدغال.

٥ ـ المراعي GRASSLANDS

يبلغ متوسط المطر السنوي في المراعى حوالي ٢٠ بوصة في السنة. وتسقط نسبة كبيرة من هذا المطر في موسم النمو وهذا يشجع نمو قوى من النجيليات (الشكل ٣٧-١٨) ولكن باستثناء وديان الأنهار لايكون كافيا لنمو الغابات. والعامل الذي ربما رجح كفة الميزان من الغابات إلى النجيليات هو الحرائق. هناك دليل قوي على أن الحرائق ـ التي



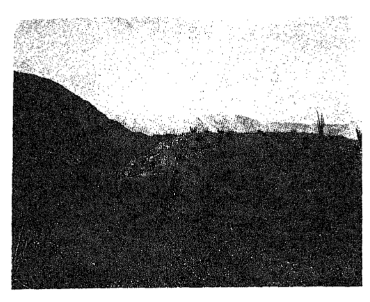
الشكل ٣٧ـ١٨: التكوين الاحيائي للمراعى. معظم المراعى في أواسط الولايات المتحدة تحولت الى انتاج المحاصيل. هذه البرارى في داكوتا الجنوبية محمية من قبل الحكومة الفيدرالية كجزء من التراث القومى.

يشعلها البرق و الأنسان ـ أتت على السهول بطريقة منتظمة في الماضي. وبفضل السوق والبراعم تحت الأرضية لم تتأثر النجيليات بالحرائق التي تدمر معظم الشجيرات والأشجار.

وفرة النجيليات وملاءمتها كعلف بالأضافة إلى الأفتقار إلى ملجأ من الحيوانات المفترسة جعل العشائر الحيوانية في المراعى متشابهة في كل أجزاء العالم. الفقاريات السائدة هي من ذوات الحافر ungulates وسريعة الحركة. وفي الولايات المتحدة كان البيسون bison والظبي antelope من السكان البارزين في مناطق المراعى قبل مجيء السكان البيض. أما الآن فان أراضي المراعى المستوية تمد الأمة بوفرة من الذرة والقمح والحبوب الأخرى بينما المساحات ذوات التلال فتأوى ذوات الحافر المستأنسة مثل الأبقار والأغنام.

٦ ـ الصحراء THE DESERT

يقل المطر السنوي في الصحراء عن ١٠ بوصات في السنة وقد يصل إلى الصفر في بعض السنين. وبسبب الجفاف الشديد للصحراء فان الحياة فيها تكون مقصورة على (١) نباتات مثل الصباريات cacti وفرشاه الحكيم sagebruch و المسكيت mes-quite والتي يحدث بها عدد من التحورات تجعلها تحتفظ بالماء لفترات طويلة (الشكل ٣٧ـ١٩) و (ب) نباتات حولية سريعة النمو تستطيع بذورها أن تنبت وتصل إلى مرحلة البلوغ فتزهر وتنتج محصول جديد من البذور في غضون أسابيع قليلة تلى الأمطار



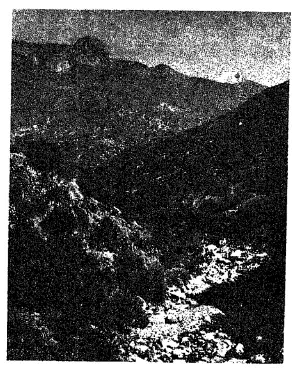
الشكل ٣٧-١٩: التكوين الأحيائي الصحراوى في محمية أنزا- بوريجو بجنوب كاليفورنيا.

الغزيرة النادرة. معظم حيوانات الصحراء (ثدييات، السحالي والثعابين، الحشرات وحتى بعض الطيور) تتأقلم مع الحياة في الجحور للهرب من الحرارة المحرقة لشمس الصحراء والكثير منهم يقتصر على ساعات الليل فقط للخروج سعيا وراء الغذاء.

٧ ـ الأدغـــال CHAPARREL

قد يصل المطر السنوي في التكوين الأحيائي للأدغال إلى حوالي ٢٠ أو ٣٠ بوصة ولكن يسقط كله تقريبا في الشتاء. الصيف جاف جدا حينها تكون كل النباتات ـ الأشجار والشجيرات والأعشاب في حالة كمون. هذا التكوين الأحيائي يوجد في كاليفورنيا. تكوينات أحيائية مماثلة (وذات أسماء أخرى، مثل التكوين الأحيائي منخفض الأشجار scrub biome) توجد حول معظم سواحل البحر الأبيض المتوسط وعلى طول الساحل الجنوبي لأسترالي. أشجار الأدغال معظمها من البلوط سواء دائم الخضرة أو متساقط الأوراق. أشجار البلوط وشجيرات مثل المانزانيا manzonita وليلاك كاليفورنيا (وهو ليس من أقارب الليلاك الشرقي) تكون أدغال كثيفة دائمة الخضرة (الشكل ٣٧-٢٠). كل هذه النباتات متأقلمة مع الجفاف بما لديها من أغطية شمعية كثيفة وغير منفذة للماء على أوراقها.

توجد في الأدغال نباتات كثيرة وافدة من تكوينات أحيائية مشابهة في أماكن أخرى. فالأعناب والزيتون والتين تزدهر في الأدغال تماما كما تزدهر في موطنها بالتكوين الاحيائي



الشكل ٣٧-٢٠ : سفوح التلال المكسوة بالأدغال في سييرا نيفادا بولاية كاليفورنيا.

لحوض البحر الابيض المتوسط . كذلك تزدهـر أنواع الكافور eucalyptus المنقولة من التكوين الأحيائي المماثل في استراليا.

٣٧-٦. الحريـــق FIRE

نحن نفكر في الحريق فقط من حيث آثاره الضارة على التكوينات الأحيائية ونبذل قصارى جهدنا لمنع حدوثه. ولكن هناك دليل متزايد على أن الحريق يلعب دورا هاما في المحـافـظة على بعض التكـوينـات الأحيائية (أو أجـزاء من تكوينات أحيائية). فالتكوين الأحيائي للمراعي ربما تطلب حرائق دورية للمحافظة عليه مالم يحل الرعى الجائر أو القص محلها. بعض أجزاء التكوين الأحيائي للغابات النفضية المعتدلة توجد بسبب الحرِيق. غابات الصنوبر في سواحل المنطقة الجنوبية الشرقية مثال لذلك فهذه الصنوبريات لا يحطمها الحريق بل إنها تعتمد على الحريق في بقائها فاذا إمتنعت الحرائق فان الأشجـار النفضية صلبـة الخشب تنمو تحتها وفي النهاية تحل محلها. وقد تسرع الفـطريات من عملية الانتقـال هـذه حيث تزدهر في البقايا غيـر المحترقة على قاع الغابة ثم تنتقل لتصيب الصنوبريات نفسها. كذلك يبدو أن غابات صنوبر البونديروزا ponderosa pine والخشـب الأحمـر red wood في الجبال الغربية تعتمد على الحرائق

في الحد من انتشار الأشجار صلبة الخشب المنافسة لها.

تدين منطقة ايفرجليدز بولاية فلوريدا وكل التكوين الأحيائي للأدغال في وجودها وبقائها للحريق. فكل نباتات الأدغال متحورة بالنسبة للحريق وبعد أن تحترق، ينبثق منها نمو جديد بسرعة (الشكل ٣٧-٢١) يمكنه أن يغذى عشائر من آكلات اللحم (مثل الغزلان) أكثر من ذي قبل. يشير تحليل الحلقات في الأشجار إلى أن الحرائق إجتاحت الأدغال كل بضع سنين في أزمنة ما قبل التاريخ.

يكمن السبب الرئيسي وراء بغضنا لحرائق الغابات فيما تسببه من دمار هائل ولكن هذا الدمار يحدث فقط في حرائق «التاج» أي عندما يشب الحريق في قمم الأشجار. فسرعان مايتم تعويض الكساء النباتي الذي يحطمه الحريق عند قاع الغابة كما رأينا. ولكن المفارقة تكمن في أنه مع إستبعاد الحرائق تتراكم المواد النباتية بالقرب من قاع الغابة بكميات ضخمة لدرجة أنه عندما يندلع الحريق ترتفع الحرارة بشدة ولا يلبث أن يتحول إلى حريق تاجي محطما كل شيء في طريقة. ومن ناحية أخرى فان الحرائق الأرضية الدورية تحفظ كمية الوقود قليلة. تمتليء نباتات الأدغال الجافة بالشموع والراتنجات وتحترق بشدة فظيعة ويكاد لايمر عام بدون حرائق مدمرة في كاليفورنيا. وربما أنقذ اللجوء المنظم إلى الحرائق منازل وزاد من انتاجية النظام البيئى اكثر مما تفعلة المحاولات الحالية لتجنب حرائق الادغال.

عندما نستبعد الحرائق من نظام بيئي كانت كثيرة الأندلاع فيه فان المجتمع النباتي تحدث به عدة تغيرات. التغيرات التي حدثت في غابات الساحل الجنوبي الشرقي التي ذكرناها من قبل مثال لذلك. أي تغيرات طويلة الأمد من هذا النوع تسمى بالتعاقب النباتي.

٣٧-٧. التعاقب النباتي PLANT SUCCESSION

الكثير من المجتمعات النباتية لاتستطيع أن تتكفل بنفسها. الحقل في التكوين النباتي لغابة نفضية معتدلة سيظل حقلا ما بقي الرعى أو القص فيه. فاذا توقفت هذه النشاطات فان أنواع أخرى من النباتات تأخذ مكان النجيليات. الغاء أحد العوامل البيئية مثل القص أو الحرائق يرجح كفة الميزان لصالح أنواع أخرى وقد يبذر القادمون



الشكل ٣٧-٢١ : الأدغال في جنوب كاليفورنيا في فصل الربيع بعد أن اجتاحتها الحرائق في الخريف السابق. الكثير من الشجيرات بدأت في انتاج أغصان جديدة بالقرب من سطح الارض.

الجدد بذور إنقراضهم بسبب نموهم المتزايد. فمثلا أشجار البتولا الرمادية gray birch تنمو جيدا في الأماكن المشمسة فقط والظلال الناجمة عن ذلك تمنع نمو أشجار البتولا الرمادية الجديدة تحتها ولكنها تسمح لبادرات الصنوبر الأبيض بالأستقرار وعندما تنضج أشجار الصنوبر الأبيض فانها تظلل المكان بحيث تصبح أشجار البتولا الرمادية غير قادرة على الأستمرار في هذا المكان. والعشيرة من النباتات تغير بنموها الظروف البيئية بطريقة لاتكون ملائمة لعشيرة غيرها من النباتات.

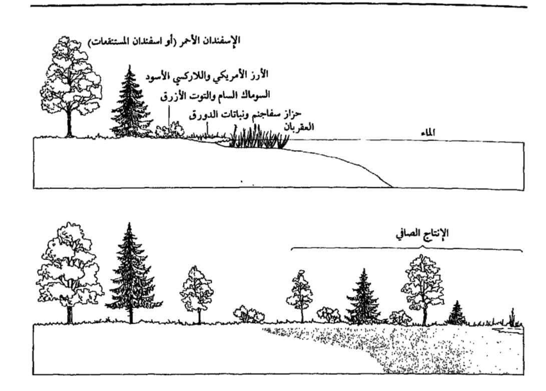
تبدأ عملية تعاقب النباتات بمجرد أن تتكون مساحة من الأرض صالحة للحياة النباتية. فتعرية الصخور عن طريق تراجع أحد المثالج وتكوين الشواطيء عند حواف المحيطات والبحيرات والأمتلاء التدريجي للبرك كلها تخلق أراضي جديدة يمكن أن تحتلها النباتات. دعنا نلقى نظرة على تعاقب النباتات على الصخور العارية في الأجزاء الأكثر برودة في التكوين الأحيائي لغابة نفضية معتدلة.

المستعمرون الأوائل هم الأشن وحزازيات قائمة معينة. تهاجم الأحماض التي تفرزها الأشن الصخور وتنشأ قطع من التربة. وقد تتكون دقائق اضافية من التربة بفعل عوامل التعرية أو تذروها الرياح من أماكن أخرى إلى هذه الصخور وتستقر في

شقوقها. تدمير وتحلل الأشن يؤدى الى تكوين بعض الدوبال humus. وسرعان مايكون هناك ما يكفي من التربة في الشقوق لأستقرار حزازيات قائمة أخرى وهذه تنتج نمو جديد في كل فصل أما النمو القديم فيتحلل وسرعان مايكون كميات اضافية من الدوبال. ولا يلبث أن تكون هناك تربة كافية لنموا لنجيليات وفيها بعد لنمو شجيرات قصيرة مثل التوت الأزرق blueberries. هذه بدورها تهيء ظروف نمو ممتازة لبذور نباتات محبة للشمس وسريعة النمو مثل البتولا الرمادية وأشجار الحور poplar (الحور الرجراج quaking aspen) وكما لاحظنا من قبل فان أشجار الصنوبر الأبيض لاتلبث أن تحل محل هذه الأنواع قصيرة العمر. وفي ظلال الصنوبر الأبيض تزدهر بادرات الأسفندان والزان التي تتحمل الظل. وفي النهاية تستولي هذه الأشجار الضخمة على المكان ويكون التعاقب قد وصل إلى نهايته. تستطيع بادرات الأسفندان والزان أن تنمو في الظروف التي فرضها آباؤها وتصبح العشيرة قادرة على التكفل بنفسها. هذه تسمى غابة الذروة climax forest.

تحدث عملية مماثلة عندما تأخذ بركة في الأمتلاء التدريجي بتربة منقولة من الأراضي المحيطة بها وبالمواد العضوية التي تنتجها النباتات المغمورة. وكلما سرنا من حافة بركة سيئة الصرف نحو الغابة فاننا نمر بسلسلة من المناطق التي تعيد في المكان ما حدث من تعاقب نباتي في الزمان (الشكل ٣٧-٢٢) من العقربان loosestrife ورأس السهم arrowhead *(Sagittaria)* عند حافة الماء مرورا بحزاز سفاجنم ونباتات الدورق pitcher plants ثم شجيرات التوت الأزرق والسوماك السام poison sumac وما يتبعها من إسفندان المستنقعات swamp maples وأشجار الصنوبر الأبيض، يعبر الأنسان مناطق مركزية تمثل كل منها مرحلة متأخرة من التعاقب النباتي كلما ازدادت الأرض صلابة وجفافا وكلما ازداد الظل كثافة.

يعترض قطع الأخشاب والرعى والزراعة والحرائق والأعاصير عملية التعاقب عن طريق ازالة النباتات السائدة في المجتمع النباتي. والغاء هذه العوامل يهيء المسرح لبداية تعاقب جديد. المزارع المهجورة العديدة في ولاية نيوانجلاند تشهد على ذلك. وكثيرا ما يتعجب الناس لماذا بنى الرواد الأوائل جدران صخرية في الغابات الكثيفة. والأجابة أنهم لم يفعلوا ذلك، فالجدران التي يراها المرء اليوم في الغابات كانت يوما ما تضع حدود بين الحقول والمراعى ولكن عندما توقفت الزراعة والرعى بدأ تعاقب ثانوي



الشكل ٣٧-٢٢ : التعاقب النباتي في مستنقع . ابتداء من سوق العقربان الناتئة من الماء يتكون غطاء نباتي متزايد الكثافة مع مرور السنين وتتقلص مساحة الماء . وحيثما يكون الماء تحت السطح يترجرج المستنقع عند السير عليه . معدل التحلل في المستنقع منخفض بحيث يكون هناك مخزون صافي من الطاقة في هذا النظام البيئي من موسم الى آخر . يحدث ذلك من خلال زيادة في الكتلة الاحيائية وكـذلك بتراكم الدوبال . ويمثل الدوبال المرحلة الأولى في تكوين الفحم . في مجتمعات الذروة لايكون هناك مكسب صافي من الطاقة من موسم لاخر .

secondary succession وقـد ترك الكلأ الذي كان ينمو في الحقول والمراعى مكانه للحشـائش والشجـيرات القصـيرة وسرعان ماازدهرت أشجار البتولا الرمادية والحور والأرز. وتبع ذلك نمو الصنوبر الأبيض أو البلوط في الأماكن الرملية جيدة الصرف . وإذا تركت وشأنها فاننا قد نرى يوما ما غابات الذروة مرة أخرى وبها الأسفندان والزان .

تختلف الأنواع في المراحل الأولى للتعاقب عند احتلال صخور عارية أو أمتلاء بركة أو عند حدوث التعاقب الثانوي في الحقول المهجورة ولكن الأنواع التي توجد في المراحل النهـائية وعند تكوين الذروة التي تتكفل بنفسها تكون دائما واحدة . وميل كل صور التعاقب النباتي إلى الوصول إلى نفس مجتمع الذروة يعرف بالتقارب convergence.

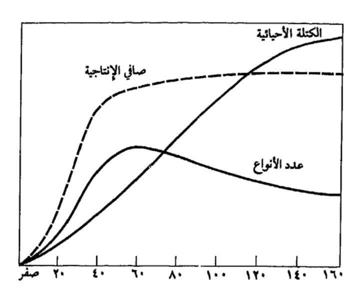
هنـاك نماذج قليلة موازية للتعـاقب النباتي في العشائر الحيوانية . فقد يغير مجتمع

حيواني من ظروف البيئة بشدة لدرجة تصبح معها هذه الظروف غير مناسبة لهذا المجتمع ولكن ذلك ليس أمرا محتوما. ومع ذلك فان التعاقب الحيواني يحدث كنتيجة للتعاقب في العشائر النباتية. وكلما تحولت الحقول إلى غابات فان أنواع الطيور والثدييات واللافقاريات تتغير كذلك.

وبصفة عامة، فان عملية تعاقب النباتات هي انعكاس للكفاءة المتزايدة للمجتمع النباتي في اقتناص طاقة الشمس وتحويلها إلى طاقة كيميائية. وكلما تلت مرحلة من التعاقب مرحلة أخرى، كلما زادت الكتلة الأحيائية. هذا هو نتاج الكمية المتزايدة من الأنتاجية السنوية الصافية، أي السعرات التي يختزنها المجتمع النباتي. وهذا بدوره يوفر السعرات اللازمة لمجتمع اكبر من المستهلكين. وكلما استمر التعاقب زاد تنوع الأنواع في المجتمع ولو إلى حين. وعندما يقترب النظام كلة من الذروة يتناقص معدل الزيادة في الأنتاجية الصافية حتى يتوقف عند مستوي ثابت (الشكل ٣٧-٢٣). في مجتمع الذروة يتم استهلاك كل الأنتاجية الصافية للنباتات بواسطة مافيه من مستهلكين. ويصل النظام إلى حالة اتزان ويصل إلى قمة الكفاءة في ادخال طاقة الشمس إلى الشبكة الغذائية للمجتمع. كذلك تميل مجتمعات الذروة إلى الأحتفاظ بالمواد الغذائية غير العضوية بكفاءة أعلى مما في المراحل الأولى للتعاقب. ودورة هذه المواد الغذائية هي موضوع الباب التالي.

٣٧-٨. النظم البيئية في المياة العذبة FRESHWATER ECOSYSTEMS

الماء العذب على الأرض لايزيد عن ٣٪ فقط. ومعظمه (حوالي ٩٩٪) إما متجمد في الثالج أو مدفون كمياه جوفية (أنظر الشكل ٣٥-١٣). أما الباقي فيوجد في البحيرات والبرك والأنهار والجداول حيث يكون بيئة صالحة لتجمعات أحيائية.
البحيرات Lakes and ponds والبرك يكشف فحص بحيرة عميقة عن ثلاث مناطق لكل منها تجمع من الكائنات مميز لها. فشاطيء البحيرة يسمى المنطقة الساحية littoral zone هنا يصل الضوء إلى القاع والمنتجون هم نباتات مثبتة في القاع وكذلك طحالب عالقة بالنباتات وبكل جسم صلب آخر. وهناك مجموعة عريضة من المستهلكين تشتمل عادة على قشريات ضئيلة وديدان مفلطحة ويرقات الحشرات وقواقع وكذلك بعض الحيوانات الكبيرة مثل الضفادع والأسماك والسلاحف.

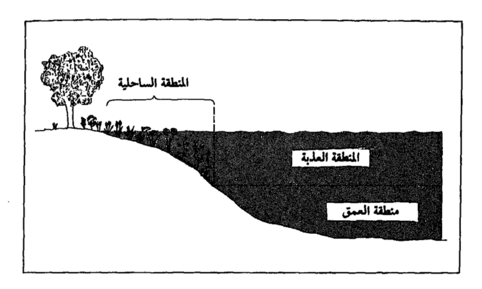


الشكل ٣٧-٢٣: التغيرات في عدد الأنواع، الكتلة الأحيائية وصافي الانتاجية أثناء التعاقب الثانوي في غابة نفضية معتدلة (عن ر. هـ. ويتاكر، المجتمعات والنظم البيئية، ماكميلان، ١٩٧٠).

المنطقة العذبة limnetic zone (الشكل ٣٧-٢٤) هي طبقة المياه التي مازال الأنتاج الأبتدائي يحدث فيها. كلما تعمق المرء في المنطقة العذبة كلما قلت كمية الضوء النافذ والمتاح للبناء الضوئى حتى يصل إلى العمق الذي يكون عنده معدل البناء الضوئي للمنتجين مساوٍ لمعدل تنفسهم. عند هذا المستوى لا تكون هناك انتاجية ابتدائية صافية. المنطقة العذبة تكون أكثر ضحالة في الماء العكر عنها في الماء الصافي وتمثل أحد المظاهر البارزة في البحيرات عنها في البرك. في المنطقة العذبة تسود الأحياء الدقيقة الهائمة المسماة بلانكتون plankton والحيوانات التي تسبح بنشاط وتسمى نكتون nekton. المنتجون في هذا النظام البيئي هم الطحالب البلانكتونية. أما المستهلكون الأبتدائيون فهم القشريات المجهرية الهائمة (مثل الدافنيا *Daphnia* والسيكلوبس *Cyclops* أنظر الشكل ٣٢-١٨) والدورات rotifers هذه هي البلانكتون الحيواني zoo plankton. يميل النكتون إلى يكون أن مستهلك ثانوي (أو أعلى) وهو يشتمل على حشرات سابحة وأسماك. وفي كثير من الحالات يتحرك النكتون بين المنطقة الساحية والمنطقة العذبة.

الكثير من البحيرات (ولكن القليل من البرك) يكون عميقا بحيث يصل ضوء غير كافي إلى الأعماق فيؤدي إلى انتاجية ابتدائية صافية. هذه المنطقة تسمى منطقة العمق profundal zone (الشكل ٣٧-٢٤).

بسبب انعدام الأنتاجية الأبتدائية الصافية فان الحياة في منطقة العمق تعتمد على



الشكل ٣٧-٢٤ : المناطق الرئيسية الموجودة في بحيرة عميقة .

تساقط المادية العضوية من المنطقة الساحلية والمنطقة العذبة كمصدر للسعرات ولذلك تكـون مأهـولة بمستهلكين إبتدائيين يتغذون على هذه النفايات. ومعظم الكائنات تكون إما مثبتة في أو زاحفة على سطح الرواسب في قاع البحيرة. كلمة بنثوس benthos تستعمل لوصف أي كائنات تسكن القاع. أما الترسيبات التي تبطن منطقة العمق فانها تأوى عشـائـر ضخمـة من البكتيريا والفطريات. هذه الكائنات تقوم بتحليل المادة العضوية التي تصل اليها فتطلق منها مواد غذائية غير عضوية يعاد استخدامها وعن طريق نشاط هذه الكائنات تعود آخر كمية من الطاقة التي تسرى في الشبكات الغذائية في البحيرة إلى البيئة.

في المناطق التي يكون فيها اختلاف واضح بين المواسم فان تدفئة سطح البحيرة في الصيف تمنع هذا الماء من الإختلاط مع المياه الأعمق منه وذلك بسبب أن الماء الدافيء يكون أقل كثافة من الماء البارد. ماء السطح يستطيع أن يكتسب أوكسجين مذاب، بعضه من الهواء الذي يعلوه وكذلك، لأنه موجود في المنطقة العذبة، من الأوكسجين النـاتـج من البنـاء الضـوئي. ولكن الماء في منطقة العمق يكون معزولا عن هذين المصدرين للأوكسجين ويكون راكدا. في الخريف عندما يبرد ماء السطح ويصبح أكثر كثافة فانه يهبط إلى العمق حاملا معه الأوكسجين وهذا يسمى الأنقلاب الخريفي the. fall overturn ظاهـرة مماثلـة، وهي الأنقلاب الربيعي spring overturn تحدث عندما

يذوب الجليد في الربيع. خصائص الماء التي تفسر هذه التغيرات موصوفة بالتفصيل في الباب التالي. (أنظر القسم ٣٥-٩).

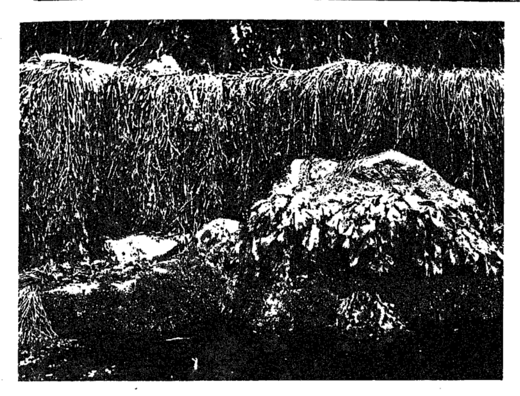
الأنهار والجداول RIVERS AND STREAMS

المواطن التي تهيؤها الأنهار والجداول تختلف من عدة نواحي عن تلك التي تهيؤها البحيرات والبرك. بسبب التيار فان الماء يميل غالبا إلى إحتواء كميات اكبر من الأوكسجين. معظم الأنواع التي تعيش هنا، مثل الأسماك، تأقلمت مع هذه المستويات المرتفعة من الأوكسجين. فاذا حدث فيها نقص شديد ـ بسبب التلوث بمياة المجارى أو مواد عضوية أخرى مثلا ـ فقد تحدث نسبة وفيات خطيرة في الأسماك. وعلى الرغم من وجود كائنات البناء الضوئي في الجداول فانها تلعب دورا أصغر في سلاسل الغذاء عما هو الحال في البحيرات والبرك. الجزء الأكبر من الطاقة المتاحة للمستهلكين يأتي من الأرض، على سبيل المثال من الأوراق المتساقطة (ارجع إلى الشكل ٣٧-٧).

٣٧-٩. النظم البيئية البحرية MARINE ECOSYSTEMS

المحيطات، شأنها شأن البحيرات، يمكن وصفها على أساس مناطق وهناك أوجه تشابه كثيرة بينهما (ولكن لسوء الحظ تستخدم الفاظ مختلفة لكل منهما). حواف المحيطات تشكل منطقة المد intertidal هذه توجد على عدة صور: شواطيء رملية، صخور، مصبات أنهار وفي المناطق الاستوائية وشبه الأستوائية على هيئة مستنقعات مقابر الأنسان mangrove swamps وشعاب مرجانية. بعض هذه المواطن ـ مثل المستنقعات الساحلية ـ تكون عالية الإنتاجية (الشكل ٣٧-٣) وتدعم عشائر غنية ومتباينة من المنتجين والمستهلكين. الكثير من الكائنات في منطقة المد توجد فيها تحورات تمكنها من التغلب على التعرض للهواء بصورة دورية والقوة الهائلة للأمواج (الشكل ٣٧-٢٥).

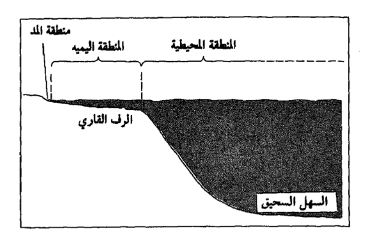
المنطقة الضحلة نسبيا من المحيط والتي تمتد حتى الرف القاري continental shelf تسمى المنطقة اليمية neritic zone. أما المنطقة المحيطية oceanic zone (الشكل ٣٧-٢٦) فهي توجد فوق أحواض المحيطات. الأنتاجية الابتدائية في المناطق اليمية والمحيطية تعتمد على الطحالب البلانكتونية التي تنمو في الأعماق التي يصل اليها



الشكل ٣٧-٢٥: الأعشاب البحرية في منطقة المد. النوعان من الطحالب البنية والنوع من الطحالب الحمراء (بالقرب من سطح الماء) التي تنمو هنا تستطيع تحمل قوة الأمواج والتعرض للهواء بصفة دورية.

الضوء. نشاطهم يمد البلانكتون الحيواني بالغذاء وهو بدوره يدعم المستهلكين الثانويين والأعلى منهم (مثل الأسماك) في النكتون. وعلى الرغم من تنوع الحياة فان إنتاجية المحيط المفتوح لاتزيد إلا قليلا عن إنتاجية الصحراء. (الشكل ٣٧-٣)

قاع الأحواض المحيطية هو السهول السحيقة abyssal plains (الشكل ٣٧-٢٦). هذه المنطقة المظلمة قليلة أو عديمة التغير تسكنها عشائر متناثرة من المستهلكين والمحللين اللذين يعتمدون على مايهبط اليهم من المادة العضوية من المناطق العليا من البحر. وقد أظهرت الأستكشافات الحديثة لأعماق البحر أن مجتمعات معقدة تعيش حول الشقوق rifts. هذه الشقوق توجد في قاع البحر (حيث تحدث ازاحة القارات continental drift انظر القسم ٣٧-٨) وعلى الرغم من عدم وصول الضوء إلى هذه الأعماق السحيقة فانه يكون هناك انتاجية ابتدائية. فالبكتيريا ذاتية التغذية الكيميائية تقوم بتصنيع الغذاء باستخدام الطاقة المنطلقة من أكسدة الكبريت الموجود



الشكل ٣٧-٢٦. المناطق الرئيسية للمحيط.

في الماء المنبعث من الشقوق الموجودة في قاع المحيط هذه البكتيريا هي غذاء عشائر كبيرة من الحيوانات من أهمها الديدان (التي تنتسب إلى شعبة صغيرة تسمى الضبابيات Pogonophora) والتي لايوجد بها جهاز هضمي. وبينما تمتص هذه الديدان بعض الجزيئات العضوية من الوسط المحيط بها فانها أيضا تأوى أعداد هائلة من البكتيريا ذاتية التغذية الكيميائية في أنسجة خاصة داخل جسمها وتعمل هذه البكتيريا على إمدادها بالجزء الأكبر من السعرات اللازمة لها.

ملخص الباب CHAPTER SUMMARY

كل الحياة على الأرض تبقى بالطاقة التي تصل إلى الأرض من الشمس وتقتنصها الكائنات ذاتية التغذية. النظام البيئي هو مجتمع من الكائنات المتفاعلة مع بعضها البعض ومع البيئة المحيطة بهم. تختلف النظم البيئية في انتاجيتها أي في كمية الطاقة التي تختزنها في المادة الحية.

الكائنات شاذة التغذية تحصل على الطاقة من الكائنات ذاتية التغذية أو، أبعد من ذلك، من كائنات شاذة التغذية أخرى. مرور الطاقة والمادة من كائن إلى كائن يشكل سلسلة غذائية وكل مرحلة في السلسلة الغذائية تمثل مستوي غذائي. وبالتقدير التقريبي فان كل مستوي غذائي يستطيع أن يحول ١٠٪ من الإنتاجية الصافية للمستوي الذي يسبقه إلى إنتاجية صافية خاصة به.

تشغل المناطق اليابسة من كوكبنا مجتمعات نباتية وحيوانية متميزة تسمى التكوينات

الأحيائية . هذه تنشأ وتبقى بواسطة مناخ المنطقة . في داخل كل واحد من التكوينات الأحيائية الرئيسية على الأرض تكون هناك أقسام متميزة (مثل الأعشاب القصيرة في مقابل الأعشاب الطويلة أو البراري) . هذه الأقسام تنشأ عن إختلافات محلية في المناخ والتضاريس ونوع التربة، الخ . في داخل كل من هذه الأقسام يوجد تباين كبير من المواطن الصغيرة (مثل جذع شجرة متحلل) يعيش في كل منها أنواع متميزة .

إنكشاف أرض عارية (مثلا عن طريق تراجع المثالج أو تكوين كثيب رملي) يؤدي إلى احتلال الرواد الأوائل من الكائنات ذاتية التغذية لها وبعد ذلك تأتى الكائنات شاذة التغذية . الرعيل الأول من النباتات يغير من ظروف الموقع حتى تصبح غير ملائمة له (كأن يصبح ظليلا أكثر من اللازم) وأكثر ملاءمة لأنواع أخرى من النباتات وهذا يؤدى إلى التعاقب وهو تتابع يمكن التنبؤ به من التغيرات في الأنواع السائدة . وفي النهاية يستقر مجتمع يستطيع أن يتكفل بنفسه وهذا هو مجتمع الذروة . وعلى الرغم من أن المراحل المبكرة للتعاقب قد تختلف من موقع إلى موقع (مثل امتلاء مستنقع في مقابل انكشاف سلسلة صخرية مغمورة) فانها تنتهي جميعا إلى نفس مجتمع الذروة وهي ظاهرة تسمى التقارب .

تمارين ومسائل EXERCISES AND PROBLEMS

١ ــ أي مصادر الطاقة الاتية يعتمد في النهاية على طاقة ضوء الشمس (١) الخشب ،
(ب) الفحم ، (ج) الزيت ،
(د) الطاقة الهيدروكهربية (ه) الطاقة الذرية؟

٢ ــ إذا فرضنا أن موسم نمو يمتد إلى ١٠٠ يوم فما هو الجزء من الطاقة الساقطة على غابة نفضية معتدلة (١٠٫٠٠٠ كيلو سعر/م^{٢}/يوم) الذي يتحول إلى انتاجية صافية؟ (أنظر الشكل ٣٧-٣) .

٣ ــ تم تقدير كمية الطاقة اللازمة لتغذية الفرد في الولايات المتحدة عام ١٩٦٣ بمقدار ثمانية ملايين كيلو سعر . فاذا افترضنا أن المتطلب اليومي هو ٣٠٠٠ كيلو سعر فما هي النسبة بين الطاقة المبذولة والطاقة المكتسبة؟ وما هي السبل التي أنفقت فيها الطاقة المبذولة؟

٤ ــ في السلسلة الغذائية الموضحة في الشكل ٣٧-٥ كم عدد الأمتار المربعة من

الكلأ اللازمة لتغذية صقر؟ افترض أن: (ا) للصقر احتياج يومي مقدارة ٥٤٨ كيلو سعر، (ب) الأنتاجية الصافية للكلأ هي ٢٠٠٠ كيلو سعر /م٢/ السنة، (ج) كفاءة تحويل الطاقة من مستوي غذائي إلى المستوي الذي يليه هي ١٠٪ في كل الحالات.

٥ ــ تم تقدير الأنتاج الأجمالي في غابة نفضية معتدلة فكان ١١٠٠٠ كيلو سعر /م٢/ سنة وكانت الخسائر الأجمالية بسبب التنفس والتحلل لكل المستويات الغذائية هي ٨٨٧٥ كيلو سعر /م٢/سنة. ماهي كمية النمو (بالجرام/م٢) التي كانت تحققها هذه الغابة كل سنة؟ هل كانت هذه غابة ذروة؟ إشرح.

المراجع: REFERENCES

1 - KORMONDY, E. J., Concepts of Ecology. 2nd ed., Prentice-Hall Englewood Cliffs, N. J., 1976. A small text with excellent discussions of many of the topics surveyed in this chapter.

2 - WOODWELL, G. M., "The Energy Cycle of the Biosphere. Scientific American. Offprint No. 1190, September, 1970.

3 - GATES, D. M., "The Flow of Energy in the Biosphere, Scientific American. Offprint No. 664, September, 1971.
References 2 and 3 describes the flow of energy through, and the net productivity of, a variety of ecosystems.

4 - KEMP,W. B., "The Flow of Energy in a Hunting Society," Scientific American. Offprint No. 665, September, 1971. Energy flow analysis applied to two Eskimo households.

5 - RAPPAPORT, R. A., "The Flow of Energy in an Agricultural Society Scientific American. Offprint No. 666, September, 1971. The Silver Spting-type analysis applied to the Tsembaga of New Guinea.
References 3-5 also appear in Energy and Power. Freeman, San Francisco, 1971. Available in paperback

6 - HORN, H. S., "Forest Succession," Scientific American, Offprint No. 1321, May, 1975.

7 - WOODWELL, G. M., "Toxic Substances and Ecological Cycles," Scientific American. Offprint No. 1066. March, 1967. shows how toxic materials such as radioactive fallout and pesticides are concentrated - sometimes to harmful levels - as they pass from one link in a food chain to another.

8 - WATTS, NAYT., Reading the Landscape of America, Macmillan, New York, 1975. A popular account of how the landscape reveals to the alert eye the forces in the physical and biotic environment that have affected it.

9 - WENT, F. W., "The Ecology of Desert Plants," Scientific American. Offprint No. 114, April, 1955.

10- COOPER, F. F., "The Ecology of Fire," Scientific American. Offprint No. 1099, April, 1961.

11- WOODWELL, G. M., "Effects of Pollution on the Structure and Physiology of Ecosystems," Science. Reprint No. 53 April 24, 1970.

12- DEEVEY, E. S., JR., "Bogs," Scientific American. Offprint No. 840, October, 1958. Describes the historical development of the bogs and the plant succession that occurs in them.

13- ODUM, E. P., "The Strategy of Ecosystem Development, Science, Reprint No. 42, April 18, 1969. The interrelations between energy flow, productivity, and the stage of succession.

14- RICHARDS, P. W., "The Tropical Rain Forest," Scientific American Offprint No. 1286, December, 1973.

15- GOSZ, J. R., R. T. HL. OLMES, G. E. LIKENS, and F. H. BORMANN, "The Flow of Energy in a Forest Ecosystem," Scientific American. Offprint No. 1384, March, 1978.

16- ISAACS, J. D., "The Nature of Oceanic Life," Scientific American. Offprint No. 884, September, 1969.

CHAPTER 38 الباب الثامن والثلاثون

دورات المادة في المجال الأحيائي
THE CYCLES OF MATTER IN THE BIOSPHERE

EXERCISES AND PROBLEMS — تمارين ومسائل

REFERENCES — المراجع

الباب الثامن والثلاثون
دورات المادة في المجال الأحيائي

رأينا أن سريان الطاقة في المجال الحيوي يسير في اتجاه واحد. فالمجال الحيوي يعترض طريق الطاقة الصادرة عن الشمس وبعد مرورها بالتحولات التي تحافظ على حياة الكائنات الحية فانها تعود إلى الفضاء الخارجي كحرارة. وعلى ذلك فانه ليست هناك دورة طاقة.

يعتمد استخدام الكائنات الحية للطاقة على تخزين الطاقة في روابط كيميائية واستخدام هذه الطاقة عندما تنكسر هذه الروابط ويعاد تشكيلها. تبنى المادة الحية من عدد محدود ـ ربما ٢٥ ـ من أنواع الذرات وبعض هذه الذرات متوفر بكثرة في عالم الجمادات وبعضها نادر جدا (إرجع إلى الشكل ٣ـ٧). وفي كلتا الحالتين فقد استمرت الحياة على هذا الكوكب لمدة تزيد عن ثلاثة بلايين سنة بسبب وجود آليات لأستخدام هذه الذرات مرات ومرات. وعلى ذلك فان لذرات الحياة دورات، وسوف نركز اهتمامنا الان على طبيعة بعض هذه الدورات.

٣٨ـ١. دورة الكربون THE CARBON CYCLE

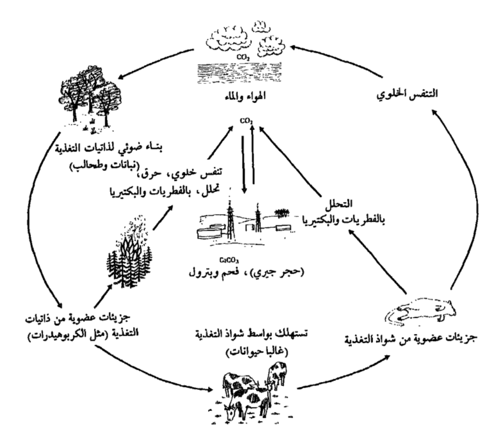
على الرغم من أن الكربون نادر جدا في قطاع الجمادات على الأرض فانه يمثل حوالي ١٨٪ من المادة الحية. قابلية ذرات الكربون لتكوين روابط مع بعضها تؤدى إلى التنوع الجزيئى والحجم الجزيئى اللذين لاتوجد الحياة بدونهما.

خارج المادة الحية يوجد الكربون على صورة غاز ثاني أكسيد الكربون وصخور

الكـربـونـات (الحجر الجيرى، الشعـاب). ان ذاتيات التغـذية وخاصة النباتات الخضراء، هي التي تأخـذ ثاني أكسيد الكـربـون وتختـزلـه إلى مركبـات عضـوية: الكربوهيدرات والبروتينات والليبيدات وغيرها. المنتجون الأرضيون يحصلون على ثاني أوكسيد الكربون من الهواء الجوى أما المنتجون المائيون فيستخدمون ذلك الذائب (على هيئة بيكربونات، HCO_3^-)في الماء. في الباب السابق تتبعنا مسار الكربون المثبت خلال الشبكات الغذائية ـ التي تعتمد جميعها عليه ليس فقط في تركيبها ولكن أيضا كمصدر للطاقة.

عند كل مستوي غذائي في شبكة غذائية، يعود الكربون إلى الغلاف الجوى أو إلى المـاء كنتيجـة للتنفس. النبـاتـات، وآكلوا اللحـوم تتنفس جميعا وتطلق ثاني أكسيد الكربون (الشكل ٣٨ـ١). لايستهلك الكثير من المادة العضوية لكل مستوي غذائي بالمستـوى الـذي يعلوه ولكنـه يمـر بدلا من ذلك إلى المستوي النهائي وهو كائنات التحلل. يحدث ذلـك كلما ماتت النبـاتات والحيوانات أو أجزاؤها (مثل الأوراق في الخريف). تقوم البكتيريا والفطريات بالوظيفة بالغة الأهمية وهي تحرير الكربون من الجثث والبقايا التي لم تعد تصلح كغذاء لمستويات غذائية أخرى. ومن خلال الأيض فيهما ينطلق ثاني أوكسيد الكربون وتتكرر دورة الكربون مرة أخرى.

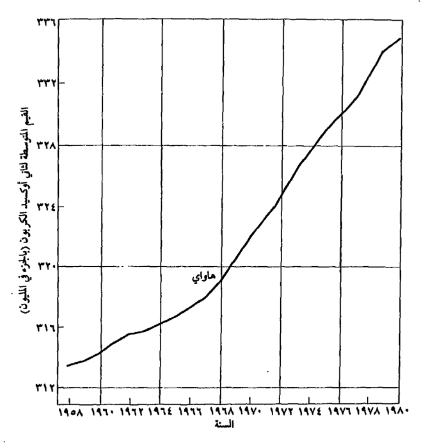
هل تكون عمليات أخذ واطلاق ثاني أوكسيد الكربون متوازنة؟ من الواضح أن الأجابة هي لا. فمحتوي الغلاف الجوى من ثاني أوكسيد الكربون يتزايد بالتدريج (الشكل ٣٨ـ٢). ومن المعتقد أن هذا التزايد قد بدأ مع الثورة الصناعية. فعن طريق حرق كميات متزايدة باستمرار من الفحم والزيت والغاز الطبيعي فاننا نعيد إلى الهواء كربون قد أُغلق عليه في الأرض لملاين السنين. ومع ذلك فان الزيادة في ثاني أوكسيد الكربون بالهواء ليست الا حوالي ثلث ما كان متوقعا من البيانات المعروفة عن استخدام الوقود الحفري. أين إختفت الكمية الباقية؟ ربما تم استهلاك بعضها بواسطة معدل أكبر من البناء الضوئي على مستوي العالم. وقد أوضح الدارسون الذين يربون نباتات لمحاصيل تحت ظروف محكمة ان الزيادة المعتدلة في وفرة ثاني أوكسيد الكربون تزيد من البناء الضوئي. وعلى ذلك فان بعض ثاني أوكسيد الكربون المنطلق من استخدامنا للوقود الحفري ربما يكون قد أدى إلى زيادة الأنتاجية الأبتدائية على مستوي العالم. مستـودع آخـر محتمـل لأنتـاجنا من ثاني أوكسيد الكربون هو البحر. فثاني أوكسيد



الشكل (٣٨-١): دورة الكربون. الأحياء الدقيقة شاذة التغذية التي تقوم بالتحلل تنتج ثاني أوكسيد الكربون عن طريق تنفس الجزيئات العضوية التي تحصل عليها من أجسام النباتات ومن أجسام وافرازات الحيوانات.

الكـربون في الهواء يتبادل بسهولة مع ثاني أوكسيد الكربون الذائب في البحر. وثاني أوكسيد الكربون الذائب بدوره يكون في حالة اتزان مع رواسب الكربونات الموجودة في البحر. فاذا أضيف المزيد من ثاني أوكسيد الكربون إلى ماء البحر فان الزيادة ترسب على هيئة كربونات كما في الشعاب المرجانيـة والحجر الجيرى $CaCO_3$ والعكس أيضا صحيح، فمع تحلل هذه الرواسب يمكن تعويض أي نقص في كمية ثاني أوكسيد الكربون الذائب. وعلى ذلك فان هذه الرواسب المحيطية تشكل مستودع هائل للكربون وتساعد على حفظ التغيرات في تركيز ثاني أوكسيد الكربون الجوى عند أقل قيمة ممكنة.

على الرغم من هذه المستودعات لانتاجنا المتعاظم من ثاني أوكسيد الكربون، فقد زاد ثاني أوكسيد الكربون في الغلاف الجوى كثيرا في العقود الأخيرة. هل تمثل هذه



الشكل (٣٨-٢): الزيادة السنوية في تركيز ثاني أوكسيد الكربون بالغلاف الجوى عند قمة جبل ماونالوا في هاواي. القيم تمثل المتوسط السنوي بالجزء في المليون ولا توضح التقلبات التي تحدث أثناء السنة.

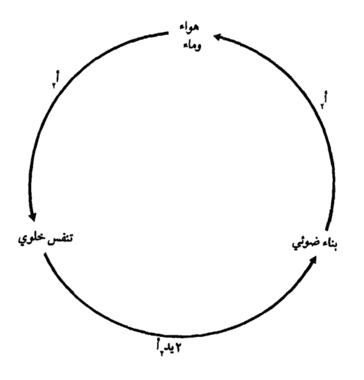
الزيادة تهديدا للأرض والحياة الموجودة عليها؟ عند هذه النقطة، فاننا ببساطة لا نعرف. فثاني أوكسيد الكربون شفاف بالنسبة للضوء ولكنه معتم بالنسبة للحرارة. ولذلك فان ثاني أوكسيد الكربون في الجو يعطل اشعاع الحرارة من الأرض إلى الفضاء الخارجي. وقد تنبأ البعض بأن زيادة ثاني أوكسيد الكربون في الغلاف الجوى سوف تزيد من سمك هذه البطانية الحرارية بحيث تصبح الأرض أكثر دفئا. وقد يؤدي ذلك المسمى بتأثير البيوت المحمية greenhouse effect إلى ذوبان الجليد عند القطبين. ويقدر الباحثون أنه إذا ذاب كل الجليد الموجود على الأرض فسوف يرتفع مستوي البحر بمقدار يتراوح بين ٧٥-١٥٠ متر وهو ما يكفي لأغراق معظم المدن الساحلية في العالم. وقبل الهروب إلى المرتفعات علينا أن نتذكر شيئين آخرين. الأول أن النشاطات البشرية ربما تكون قد زادت من انعكاس الضوء على الأرض. فهذه النشاطات التي تبعث بثاني

أوكسيد الكـربون إلى الهواء تبعث أيضا بدقائق الغبار التي تعيق مرور الضوء خلال الغلاف الجوى. وعلى ذلك فان تلوث الهواء ينقص من وصول الطاقة تماما كما ينقص من مغادرتها. ومن غير المعروف ما إذا كانت هذه التأثيرات المتعاكسة تعادل بعضها البعض. ومع ذلك فالبيانات عن الجو في خلال ربع القرن الماضي توضح أن درجات الحرارة على الأرض في تناقص. هناك دليل جيولوجي قوي على وجود تقلبات مناخية طوال تاريخ الأرض. وما زال السؤال بدون إجابة عما إذا كان التغير المناخي الحالي نتيجة للنشاطات البشرية أو لتغيرات طويلة الأمد ليس لنا أي هيمنة عليها.

٣٨-٢ . دودة الأوكسجين THE OXYGEN CYCLE

يمثـل الأوكسجـين العنصـري (O_2) ٢٠٪ من الغـلاف الجوى للأرض. هذه الكمية تغـطى كل الأحتياجـات التنفسية للكـائنـات الأرضية وكـذلـك إحتياجات الكـائنات المائية عندما يذوب في الماء. في عملية التنفس، يعمل الأوكسجين عمل المستقبل النهائي للأليكترونات المنزوعة من ذرات الكربون الموجودة في الغذاء. الناتج هو الماء. تكتمل الدورة بالبناء الضوئي عند اقتناص الطاقة الضوئية ونزع الأليكترونات من ذرات الأوكسجـين المـوجـودة في جزيئات الماء. هذه الأليكترونات تختزل ذرات الكـربـون (المـوجـودة في ثاني أوكسيد الكـربـون) إلى مواد كربـوهيدراتية ويتصاعد الأوكسجين وتكون الدورة قد اكتملت (الشكل ٣٨-٣).

ينطلق جزيء ثاني أوكسيد الكربون في مقابل كل جزيء أوكسجين يستخدم في التنفس وبـالعكس، فانـه في مقـابل كل جزيء ثاني أوكسيد الكربون يؤخذ بالبناء الضوئي ينطلق جزيء أوكسجين. دراسة المعادن التي تكونت في المراحل المبكرة جدا من تاريخ الأرض تشير إلى أنه في وقت من الأوقات لم يكن هناك أوكسجين في الغلاف الجوى للأرض. مع نشأة البناء الضوئي الذي يستخدم الماء، ظهر الأوكسجين لأول مرة. وعلى فرض نشوء مجال حيوى ناضج مبكر وليس له صافي انتاجية، أي أن التنفس والبنـاء الضـوئي فيه متعادلان، فانه يحق لنا أن نسأل عن تفسير لكمية الأوكسجين الموجودة حاليا؟ فكل جزيء متراكم الآن في الجو لابد أنه يمثل ذرة كربون إختُزلت يوما ما أثناء البناء الضوئي وهربت من الأكسدة منذ ذلك الوقت. ذرات الكربون هذه تم عزلها في الفحم وزيت البترول والرواسب العضوية الأخرى. هذه هي أيضا ذرات



الشكل (٣٨-٣): دورة الأوكسجين تقريبا كل الأوكسجين الموجود الان في الغلاف الجوى أنتجته نباتات وطحالب تقوم بالبناء الضوئي. الأوكسجين يعمل كمستقبل نهائي للاليكترونات في التنفس الخلوي.

الكربون التي تكون أجسام الكتلة الأحيائية الحية في جميع أنحاء العالم وتلك الأجزاء الميتة من النباتات والحيوانات التي تفادت التحلل حتى الآن.

عند حرقنا للوقود الحفري، فاننا نستخدم كمية الأوكسجين التي وضعت في الغلاف الجوى عندما إختزلت ذرات الكربون الموجودة في هذا الوقود لأول مرة. هذه الحقيقة تثير الذعر اذ أنه كلما أحرقنا كميات دائمة التزايد من الفحم والبترول والغاز الطبيعي فاننا نعمل على استنزاف تركيز الأوكسجين في الهواء بصورة خطيرة. ويقدر مخزون الأرض من هذه الأنواع من الوقود من وقت لاخر. وحتى إذا قبلنا أكثر هذه التقديرات سخاءا فان الأستهلاك الكلي لهذه المواد سوف لا يستنزف تركيز أوكسجين الهواء الجوى بأكثر من ٢-٨٪ ولماذا لايكون أكثر من ذلك؟ إحدى الأجابات هي أن معظم الكربون المختزل في الأرض يكون موزعا توزيعا متباعدا و/أو مدفون على أعماق تعوق استخدامه كوقود. ومع ذلك فوجوده يحول دون الأنخفاضات الخطيرة في تركيزات الأوكسجين. وحتى لو انخفض تركيز الأوكسجين بمقدار ٨٪ فسوف يكون تأثير ذلك على البشر أقل من تأثير السفر من نيويورك إلى دنفر. (عند ارتفاع ٥٠٠٠ قدم يكون تركيز الأوكسجين في الهواء أقل بمقدار ١٨٪ عن تركيزه عند مستوي سطح البحر). ان حرق كل الوقود الحفري سيخلق مشكلات بكل تأكيد (مثل تلوث الهواء) وهي

أخطر بكثير من مجرد التأثير على تركيز الأوكسجين.

و بينما لا يكاد يوجد تأثير قوي للنشاطات البشرية على محتوي الهواء الجوى من الأوكسجين فان ذلك ليس صحيحا بالنسبة للبيئات المائية فالكثير من الأنهار والبحيرات في الدول الصناعية المزدحمة تعاني من نقص الأوكسجين بصفة دورية. وهذا النقص غالبا ما يكون من الشدة بحيث لاتستطيع كائنات مائية معينة أن تتحمله. العامل الحاسم هنا هو القاء النفايات العضوية وغيرها في الماء . وهي تتحلل بفعل كائنات التحلل التي تستخدم الأوكسجين في هذه العملية . في الواقع فان أكثر المؤشرات الدالة على تلوث الماء هو ما يسمى بالطلب الكيميائي الحيوي من الأوكسجين أو بود *biochemical Oxygen demand"BOD"*. هذا هو مقدار الأوكسجين اللازم لأكسدة المواد الموجودة في الماء أكسدة تامة. كلما زاد بود بالنسبة لنهر أو بحيرة، كلما قل الأوكسجين المتاح للكائنات التي تعيش طبيعيا فيها. وبالنسبة لأولئك الذين تكون مطالبهم من الأوكسجين مرتفعة (مثل معظم الأسماك) فان بود المتزايد يهدد قدرتهم على البقاء.

٣٨ـ٣. دورة النتروجين THE NITROGEN CYCLE

تحتاج كل الكائنات الحية إلى ذرات النتروجين لبناء البروتينات وجزيئات عضوية أساسية أخرى. يتكون الهواء من ٧٩٪ من النتروجين ويعمل كمستودع له. وعلى الرغم من الكمية الهائلة من النتروجين الا أنه غالبا مايكون العامل المحدد للكائنات الحية. وذلك لأن معظم الكائنات لاتستطيع أن تستخدم النتروجين في صورته العنصرية، أي كغاز N_2 وحتى تستطيع النباتات تصنيع البروتين فانها لابد أن تحصل على النتروجين في صورة مثبتة أي على هيئة مركبات. وأكثر الصور استعمالا هو أيون النترات، NO_3^- ومع ذلك فان مواد أخرى مثل الأمونيا (NH_3) واليوريا $CO(NH_2)_2$ تستخدم بنجاح سواء في الأنظمة الطبيعية أو كأسمدة في الزراعة.

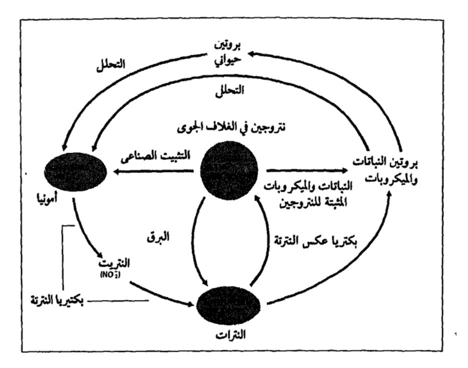
تثبيت النتروجين Nitrogen fixation: جزيء النتروجين N_2 خامل تماما. ولكى ينكسر وتستطيع ذراته الأتحاد مع ذرات أخرى فانه يتطلب كميات كبيرة من الطاقة. تلعب ثلاث عمليات دورا هاما في تثبيت النتروجين في المجال الحيوى. إحداها هي البرق.

فالطاقة الهائلة للبرق تكسر جزيئات النتروجين وتجعلها قابلة للأتحاد مع الأوكسجين الموجود في الهواء. (هذه العملية مناظرة لما يحدث في آلة الاحتراق الداخلي، أنظر القسم ٢١ـ١٠). تتكون أكاسيد النتروجين وتذوب في ماء المطر لتكون نترات. وتصل إلى الأرض على هذه الصورة (الشكل ٣٨ـ٤). وربما كان تثبيت النتروجين في الهواء الجوى يمثل ٥ـ٨٪ من الأجمالي.

الحاجة إلى النترات في تصنيع المتفجرات التقليدية أدت إلى تطور طريقة صناعية لتثبيت النتروجين في المانيا عشية الحرب العالمية الأولى. في هذه الطريقة يتفاعل الهيدروجين (المستخلص من الغاز الطبيعي أو النفط) مع النتروجين لتكوين الأمونيا NH_3 وحتى يتم التفاعل بكفاءة لابد أن يكون عند درجة حرارة عالية (٦٠٠° م) وتحت ضغط هائل وفي وجود عامل حفاز. واليوم فان معظم النتروجين المثبت صناعيا يستخدم كسماد. ويمكن استخدام الناتج المبدئي وهو الأمونيا مباشرة كسماد ولكن معظمه تتم معالجتة ليتحول إلى الأسمدة الأكثر استخداما مثل اليوريا ونترات الأمونيوم $NH_4\ NO_3$.

الأحتياجات المتزايدة للزراعة أدت إلى إنتاج دائم التزايد من النتروجين المثبت صناعيا. وربما كان ثلث تثبيت النتروجين الذي يتم حاليا يتم صناعيا. وذلك في الواقع تدخل غير عادي من الانسان في وظائف المجال الحيوي. ومن الصعب التنبؤ بما إذا كان هذا الأزعاج لدورة طبيعية سوف يكون في النهاية لصالح الناس أم لا. من المؤكد أن انتاجيتنا الزراعية تعتمد على المعدلات المرتفعة الحالية لتثبيت النتروجين ومع ذلك فانه يمكن ملاحظة آثار جانبية مدمرة لذلك في البحيرات والأنهار نتيجة لتصريف الأسمدة النتروجينية من التربة في المزارع القريبة منها مما يغذي ازدهارات خطيرة من الطحالب، وهي ظاهرة سوف نعود اليها في القسم ٣٨ـ٥.

تأثيرنا على معدلات تثبيت النتروجين ليس مقصوراً فقط على النشاطات الصناعية. فالتوسع في زراعة البقوليات، وخاصة البرسيم وفول الصويا (الشكل ٣٨ـ٥) قد زاد كثيرا من معدل تثبيت النتروجين على مستوي العالم. البقوليات هي فصيلة من النباتات (تضم البسلة والبرسيم الحجازي) تأوى في جذورها بكتيريا عصوية سالبة لصبغة جرام من جنس رايزوبيم *Rhizobium* هذه البكتيريا قادرة على تثبيت النتروجين الجوى لنفسها ولعائلها. تفاصيل أخرى حول هذه العلاقة التكافلية الفذة سوف تأتى في الباب الحادي والأربعين.



الشكل (٣٨-٤): دورة النتروجين. تلعب الأحياء الدقيقة عدة أدوار أساسية في دورة النتروجين خلال المجال الحيوى. يقدر أن نصف النتروجين المثبت على الأرض حاليا هو نتيجة لنشاطين بشريين هما التثبيت الصناعي وزراعة البقوليات.

أحياء دقيقة معينة أخرى تستطيع تثبيت النتروجين الجوى. وفي الواقع يبدو أن القدرة على تثبيت النتروجين الجوى تكون مقصورة على بدائيات النواة فقط. فبعض البكتيريا الشعاعية (أنظر القسم ٣٣-١١) تعيش في علاقة مع نباتات أخرى غير البقوليات. البكتيريا الأخرى المثبتة للنتروجين (مثل الأزوتوباكتر *Azotobacter* والكلوستريديوم *Clostridium*) تعيش طليقة في التربة. بعض الطحالب الخضراء المزرقة تستطيع أيضا تثبيت النتروجين وتلعب دورا هاما في المحافظة على خصوبة البيئات نصف المائية مثل مزارع الأرز.

على الرغم من البحوث المستفيضة فانه ليس واضحا تماما كيف تتغلب الكائنات المثبتة للنتروجين على مشاكل الحصول على الطاقة العالية اللازمة لهذه العملية. فهي تحتاج إلى انزيم يسمى النيتروجينيز وكميات هائلة من ATP. وعلى الرغم من أن أول ناتج مستقر من هذه العملية هو الأمونيا، الا أنه سرعان ما يدخل في تركيب البروتين ومركبات عضوية أخرى تحتوي على النتروجين. والذي يعنينا هو أن تثبيت



الشكل (٣٨-٥): نباتات فول الصويا المزروعة في ميسوري. قابلية نباتات فول الصويا لدمج النتروجين الجوي في بروتيناتهم تجعلهم منهم مصدر هام لهذا الغذاء الرئيسي. (بتصريح من جميعة فول الصويا الأمريكية).

النتروجين يؤدى إلى ادخال النتروجين في بروتين النباتات (والميكروبات). النباتات التي تفتقر إلى مزايا التكافل مع مثبتات النتروجين تقوم بتصنيع البروتين الخاص بها من نتروجين مستمد من التربة ـ على صورة نترات بصفة عامة.

التحلل Decay: تدخل البروتينات التي قامت النباتات بتصنيعها في الشبكات الغذائية وتمر خلالها تماما كما تفعل الكربوهيدرات. عند كل مستوى غذائي هناك فقد يذهب مرة أخرى إلى البيئة، مع النفايات أساسا. المستفيدون النهائيون من المركبات العضوية النتروجينية هم الأحياء الدقيقة التي تقوم بالتحلل. ومن خلال نشاطاتها فان الجزيئات العضوية المحتوية على النتروجين في الأفرازات والجثث تتكسر إلى أمونيا.
النترتة Nitrification. يمكن للنباتات أخذ الأمونيا مباشرة ـ من خلال الجذور وكما في بعض النباتات من خلال الأوراق. (عندما تتعرض هذه الأخيرة لغاز أمونيا مشع فان الأشعاع يصل إلى تركيب البروتينات). ومع ذلك فمعظم الأمونيا الناتجة من التحلل تتحول إلى نترات . يتم ذلك على خطوتين. البكتيريا من جنس نتروزوموناس *Nit-rosomonas* تقوم بأكسدة NH_3 إلى نيتريت (NO_2^-) ثم تقوم البكتيريا من جنس

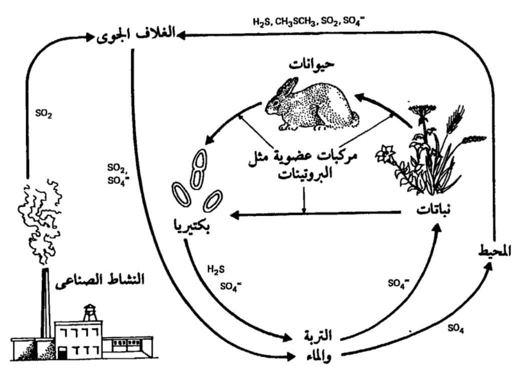
نتروباكتر *Nitrobacter* بأكسدة النتريت إلى نترات (NO_3^-) هاتان المجموعتان من البكتيريا ذاتية التغذية الكيميائية تسميان معا بكتيريا النترتة. ومن خلال نشاطاتهم (التي تمدهم بكل احتياجاتهم من الطاقة) يكون النتروجين متاحا بسهولة لجذور النباتات.

عكس النترتة Denitrification: لو كانت العمليات التي سبق وصفها هي القصة الكاملة لدورة النتروجين لواجهنا نقص مطرد في كمية النتروجين الجوى كلما تم تثبيته ودخوله في الأنظمة البيئية المختلفة (الشكل ٣٨-٤). عملية أخرى، هي عكس النترتة، تختزل النترات إلى نتروجين فتثرى به الغلاف الجوى. مرة أخرى البكتيريا هي الأداة لذلك. فهي تعيش في أعماق التربة وفي الرواسب المائية حيث يشح الأوكسجين. وهي تستعمل النترات كبديل للأوكسجين كمستقبل نهائي للأليكترونات أثناء تنفسها. وبذلك تتم دورة النتروجين. وليس معروفا ان كانت نشاطاتها تجاري كفاءتنا المتزايدة باستمرار في تثبيت النتروجين.

٣٨-٤. دورة الكبريت THE SULPHUR CYCLE

يدخل الكبريت في تركيب جميع البروتينات تقريبا وهو لذلك عنصر أساسي بالنسبة لجميع الكائنات الحية. وهو يتحرك في المجال الحيوي من خلال دورتين، إحداهما داخلية والأخرى خارجية (الشكل ٣٨-٦). الدورة الداخلية تشتمل على المرور من التربة (أو الماء في حالة البيئات المائية) إلى النباتات ومنها إلى الحيوانات ثم إلى التربة أو الماء. هناك مع ذلك تسرب من هذه الدورة الداخلية. فبعض مركبات الكبريت الموجودة على الأرض (في التربة مثلا) تحملها مياة الانهار إلى البحر. وهذا الكبريت يعتبر مفقودا بالنسبة للدورة الأرضية لولا وجود آلية لأعادته إلى الأرض. هذه الألية تتضمن تحويله إلى غازات مثل كبريتيد الهيدروجين (H_2S) وثاني أوكسيد الكبريت (SO_2). هذه الغازات تتصاعد إلى الغلاف الجوى وتنتقل فوق الأرض. بصفة عامة يتم غسلها من الهواء مع سقوط المطر وان كان بعض ثاني أوكسيد الكبريت تمتصه النباتات مباشرة.

تلعب البكتيريا دورا حاسما في دورة الكبريت. ففي وجود الهواء فان تكسير مركبات الكبريت (بما في ذلك تحلل البروتينات) ينتج الكبريتات (SO_4^-) وتحت الظروف اللاهوائية يكون كبريتيد الهيدروجين (وهو غاز له رائحة البيض الفاسد) وكبريتيد



الشكـل (٣٨-٦): دورة الكبريت: حرق الوقود الحفري وصهر الخامات المحتوية على الكبريت أضافا كميات كبيرة من مركبات الكبريت الغازية الى الغلاف الجوى.

ثنـائي الميثيـل (CH_3SCH_3) هما الناتجان الأساسيان. عندما يصل هذان الغازان إلى الغلاف الجوى فانهما يتأكسدان إلى ثاني أوكسيد الكبريت. استمرار أكسدة ثاني أوكسيد الكبريت وذوبانه في ماء المطر ينتجان حامض الكبريتيك والكبريتات، وهما الصورتان الرئيسيتان اللتان يعود بهما الكبريت إلى النظم البيئية الأرضية.

يحتوي الفحم والنفط على الكبريت وحرقهما يطلق ثاني أوكسيد الكبريت إلى الغلاف الجـوى. صهـر الخامات المحتوية على الكبريت، مثل خام النحاس، يضيف أيضا كميات ضخمـة من ثاني أوكسيد الكبريت إلى الهواء. في الواقع، فان التلوث بثاني أوكسيد الكـبريت حول مصانع صهر النحاس قد يحطم الكساء النباتي لمسافة أميال (أنظر الشكل ٢١-٢٥). وعلى الرغم من تفاوت التقديرات فان ١٥-٢٥٪ من الكبريت الغازى في الغلاف الجوى ينتج من النشاطات الصناعية. وليس معروفا ان كان ذلك يمثـل تهديدا خطيراً لدورة الكـبريت على المستـوي العالمي. ولقد إستعرضنا بعض المشاكل الناجمة عن تلوث الهواء بثاني أوكسيد الكبريت. في المناطق الصناعية من أوروبا وأمريكا الشمالية وفي المناطق التي تقع جنوب اتجاه الريح من هذه البلدان فان تركيز ثاني

أكسيد الكبريت الزائد يؤدى إلى خفض الأس الهيدروجيني للماء والجليد. المطر العادي حامضي قليلا (pH 5.7) بفضل ثاني أوكسيد الكربون الذائب فيه. وحيثما يوجد تلوث بثاني أوكسيد الكبريت فان الأس الهيدروجيني للمطر يكون حوالي ٤ وقد سجلت قيم تصل إلى ٢,١ . نحن لانعرف إذا ما كان هذا المطر الحامضي acid rain ضار بالصحة أو إذا كان سوف يسرع باطلاق المعادن من التربة والصخور. ولكن الواضح أن المطر والجليد الحامضيين قد قللا من الأس الهيدروجيني للماء في الكثير من البحيرات الشرقية في أمريكا الشمالية وفي أوروبا. وقد أضر ذلك بالحياة المائية في هذه البحيرات وأدى إلى نقص خطير في انتاجيتها. وتكون المشكلة حادة بصفة خاصة في مناطق مثل أديرونداكس بولاية نيويورك حيث تكون الصخور المحلية جرانيتية وليس لها ما للحجر الجيرى من طاقة تعادلية. كذلك يسرع المطر الحامضى من تحلل التماثيل والمباني المبنية من الحجر الجيرى والرخام (الشكل ٣٨-٧).

٣٨-٥ . دورة الفوسفور THE PHOSPHORUS CYCLE

على الرغم من أن نسبة الفوسفور في المادة الحية تعتبر صغيرة نسبياً إلا أنه لايمكن الأستغناء عن الدور الذي يلعبه مطلقا. الأحماض النووية، وهي المواد التي تختزن وتترجم الشفرة الوراثية، غنية بالفوسفور. الكثير من المواد الوسيطة في البناء الضوئي والتنفس تتحد مع الفوسفور وذرات الفوسفور هي الأساس في تكوين الروابط عالية الطاقة في ATP الذي هو عُملة تداول الطاقة في البناء الضوئي وفي التنفس.

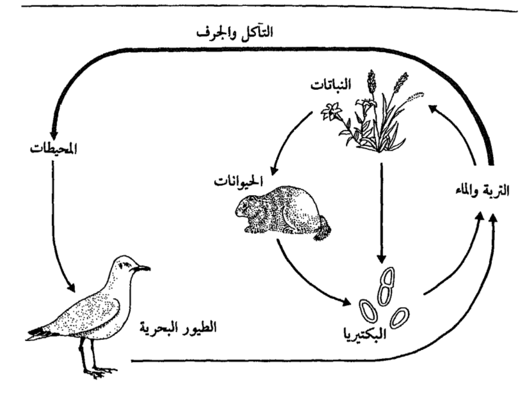
الفوسفور نادر نسبيا في عالم الجمادات. وانتاجية معظم النظم البيئية الأرضية تزداد بزيادة كمية الفوسفور المتاح في التربة. وحيث أن الأنتاجية الزراعية تكون محدودة أيضا بالكميات المتاحة من النتروجين والبوتاسيوم فان برامج التسميد غالبا ما تشتمل على كل هذه العناصر الثلاثة. وفي الحقيقة يتم التعبير عن تركيب معظم الأسمدة بثلاثة أرقام. الأول يعطى النسبة المئوية للنتروجين في السماد. والثاني يعطى محتواه من الفوسفور (كما لو كان موجودا على صورة P_2O_5) أما الثالث فيعطى كمية البوتاسيوم (كما لو كان موجودا على صورة أوكسيد K_2O) وعلى ذلك فان مائة رطل من سماد ٥-١٠-١٠ تحتوي على خمسة أرطال من النتروجين وكمية من الفوسفور والبوتاسيوم تكافيء ما هو موجود في عشرة أرطال من P_2O_5 , K_2O على التوالي.




الشكل (٣٨-٧) : تمثال من الحجر الجيرى فوق بوابة احدى القلاع في وستفاليا بألمانيا وقد صور عام ١٩٠٨ (الى اليسار) وفي عام ١٩٦٩ (الى اليمين). المطر الحامض الناتج عن تلوث الهواء المتولد في منطقة الرور الصناعية بألمانية ربما كان السبب في هذا التلف الشديد. القلعة نفسها مبينة في عام ١٧٠٢ (بتصريح من السيد شميت ـ تومسى).

الفوسفور، مثل النتروجين والكبريت، يشارك في دورة داخلية كما يشارك في دورة عالمية جيولوجية (الشكل ٣٨-٨). في الدورة الصغيرة تتحلل المادة العضوية المحتوية على الفوسفور (مثل بقايا النباتات وبراز الحيوانات) ويصبح الفوسفور متاحا لجذور النباتات وإعادة ادخالة في مادة عضوية. وبعد المرور في السلاسل الغذائية فانه ينتقل مرة أخرى إلى كائنات التحلل وتغلق الدورة. وهناك تسرب من الدورة الخارجية. فالماء لايغسل الفوسفور من الصخور التي تحتوي عليه فقط وانما من التربة كذلك. بعض هذا الفوسفور تتلقفه الحياة المائية ولكنه في النهاية يجد طريقه إلى البحر.

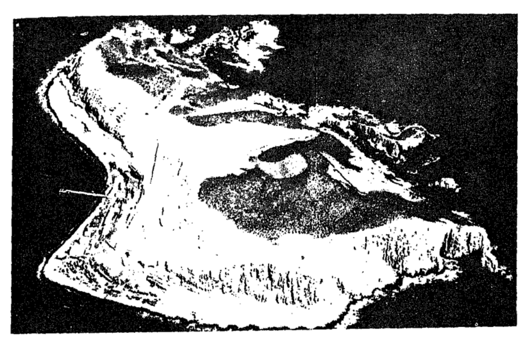
الدورة العالمية للفوسفور تختلف عن دورات كل من الكربون والنتروجين والكبريت في ناحية هامة. فالفوسفور لايكون مركبات متطايرة يستطيع بها أن يعبر من المحيطات إلى الغلاف الجوى ومنه إلى الأرض مرة أخرى بمجرد أن يصل إلى البحر لايكون هناك إلا آلتين فقط لأسترجاعه إلى الأنظمة البيئية الأرضية. الأولى من خلال الطيور البحرية التي تحصد الفوسفور المار خلال السلاسل الغذائية البحرية وتعيده إلى الأرض مع برازها. في الواقع فان ترسبات جوانو الهائلة على الجزر المواجهة لشواطيء بيرو تمثل



الشكل (٣٨-٨): دورة الفوسفور: عادة يكون الفوسفور هو العنصر الغذائي المحدد للكائنات التي تعيش في النظم البيئية بالمياة العذبة. الكثير من الفوسفور الذي يصل الى المحيطات تفقده الكائنات الأرضية لفترات زمنية طويلة.

مصدرا هاما للأسمدة المحتوية على الفوسفور (الشكل ٣٨-٩). وبعيدا عن نشاط هذه الحيوانات فانه يكون لزاما علينا أن ننتظر الأرتفاع الجيولوجي البطىء للرواسب المحيطية وتكوين أرض - وهي عملية تقاس بملايين السنين.

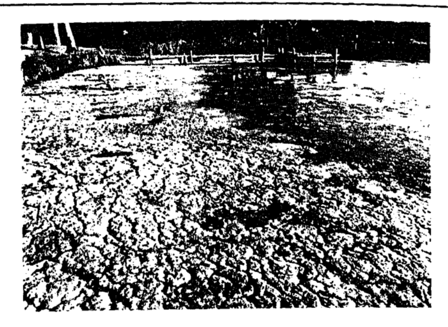
نحن نؤثر في دورة الفوسفور من خلال إستخراج الصخور المحتوية على الفوسفور من المناجم والتي نقوم بتصنيع الأسمدة وأنواع عديدة من المنتجات الصناعية منها. ومن بين المنتجات مواد ازالة عسر الماء التي تضاف إلى بعض المنظفات المنزلية. وبعد أن تؤدى هذه المواد عملها فان هذه الفوسفات الذائبة تلحق بمياه الصرف الصحى ومنها إلى مجارى المياه. في الكثير من الأنهار والبحيرات يكون الفوسفور هو العامل الغذائي المحدد. بعبارة أخرى، فان كمية الفوسفور المتاح هي التي تنظم نمو المنتجين (مثل الطحالب). معظم المياه الناتجة من الأستخدام البشري تذهب بدون معالجة إلى مجارى المياه. وحتى في الأماكن التي يعالج فيها الصرف الصحى فان أغلب الطرق لاتزيل منه كميات محسوسة من الفوسفات. وكانت النتيجة هي الأرتفاع الكبير في كمية



الشكل (٣٨-٩): جزيرة جواناپي الشمالية بالقرب من سواحل بيرو مغطاة بالجوانو - ترسبات سميكة من براز الطيور البحرية مثل طيور الغاق. الجوانو سماد غالي بسبب محتواه العالي من الفوسفور ولـذلك يتم استخراجة لهذا الغرض. البقع القاتمة في الصورة هي قطعتان من طيور الغاق في أعشاشها. (بتصريح من المتحف الأمريكي للتاريخ الطبيعي).

الفوسفات في أكثر مصادر المياه ومن أشهر الأمثلة على ذلك بحيرة ايري Lake Erie. مع التركيزات المرتفعة من الفوسفات تجيء المعدلات المرتفعة من الأنتاجية الأبتدائية على صورة نمو انفجاري (ازدهار "bloom") للطحالب (الشكل ٣٨-١٠). الأنتاجية شيء طيب من عدة وجوه. ولكن في المياه العذبة فانها تعنى كتلا طافية من الطحالب، وهبوط معدلات الأوكسجين ليلا، وما يتبع ذلك من موت الأسماك وأخيرا تحلل معظم الكتلة الأحيائية الزائدة من الطحالب مع ما يصاحب ذلك من رائحة. ونحن نستخدم كلمة التغذية الحقيقية eutrophication لوصف الزيادة في إنتاجية الماء التي تلى زيادة محتواه من المواد الغذائية. التغذية الحقيقية تقلل جودة الماء سواء بالنسبة للشرب أو للأغراض الترفيهية.

ومما يزيد المشكلة تعقيدا أن بعض الفوسفور الموجود بالأسمدة المستخدمة في الأراضي الزراعية يفشل في الدخول إلى النباتات وبدلا من ذلك يتم غسله بماء المطر والرى إلى المجارى المائية المحلية. وبينما تكون تقديرات الكمية غير مؤكدة فانه ربما كان



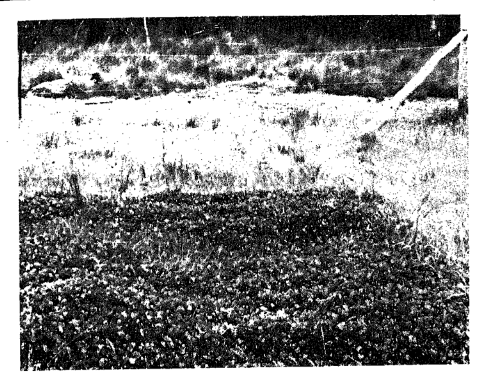
الشكل (٣٨-١٠): ازدهار طحلبي في بحيرة مينتوكا بولاية مينيسوتا. تصريف المواد المغذية في البحيرة من بالوعات الصرف الصحى ومعامل معالجة المجارى والأراضي الزراعية المسمدة أدى الى هذا النمو الانفجاري للطحالب. (بتصريح من منيابوليس ستار).

من الأسلم أن نقول أن نشاطاتنا قد ضاعفت ثلاث مرات من حركة الفوسفات في مصادر المياه حيثما كانت الكثافة السكانية عالية أو كانت الزراعة مكثفة.

٣٨-٦. متطلبات معدنية أخرى

OTHER MINERAL REQUIREMENTS

بالأضافة إلى المكونات الرئيسية للمادة الحية، والتي درسنا دوراتها هناك أنواع أخرى من العناصر الأساسية للحياة. بعضها نحتاجه بكميات متواضعة مثل الكالسيوم والصوديوم والكلور والمغنسيوم. نحتاج إلى البعض الآخر بكميات صغيرة جدا حتى اننا نصفها بالعناصر الدقيقة trace elements. وحيث أن معظم هذه العناصر متوفرة بكثرة في عالم الجمادات ولاتحتاج الأحياء إلا كميات قليلة فقط منها فان دوراتها لا تكتنفها مشاكل وفرة المصادر. ربما كان اليود فقط هو النادر في التربة وفي مياه بعض المناطق لدرجة تشكل خطورة على صحة الأنسان. وربما كان واحد أو أكثر من عدة عناصر دقيقة (مثل الحديد والنحاس والخارصين والكوبالت والموليبدينم) نادرا في مواقع جغرافية معينة لدرجة تحد من الأنتاجية النباتية أو تمنع تربية الحيوانات. الموليبدينم على



الشكل (٣٨-١١): الدليل على أن البرسيم لاينمو الا حيث تكون كمية الموليبدينم كافية. التربة المبينة هنا (في شرق أستراليا) تعاني من نقص طبيعي في الموليبدينم. وعلى الرغم من أن بذور البرسيم قد وزعت داخل كل المنطقة التي يحدها السور فان النباتات لم تستطع أن تنمو وتثبت النتروجين الا حيثما أضيف سماد الموليبدينم. (بتصريح من أ. ج. أندرسون).

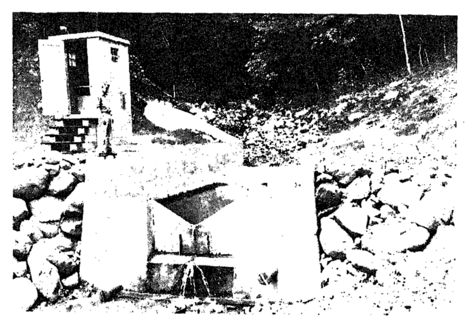
سبيل المثال ضروري جدا لتثبيت النتروجين ولكن الكميات اللازمة منه ضئيلة للغاية. فالأوقية الواحدة من الموليبدينم حينما توزع على فدان من الأراضي الزراعية في استراليا تكفي للمحافظة على الخصوبة لفترة تزيد على عشر سنوات (الشكل ٣٨-١١).

٣٨-٧. الطرق التحليلية ANALYTICAL TECHNIQUES

درسنا في هذا الباب وفي الباب السابق تقديرات لكميات ومعدلات الطاقة والمواد العابرة خلال المجال الحيوي أو أجزاء منه. ومع الأخذ في الأعتبار حجم وتعقيد هذه النظم البيئية فانك قد تتعجب عن كيفية الوصول إلى هذه التقديرات. لابد من القيام بعدة أنواع من القياسات. دعنا ندرس مثال محدد. في غابة الجبل الأبيض الوطنية بولاية نيوهامبشاير عزلت سلسلة من الوديان المتجاورة لدراسة طويلة الأمد عن أخذ وتصدير عدد كبير من المواد تشمل الأمونيا (NH_4^+) والنترات (NO_3^-)

و الكبريتات (SO_4^{--}) تم اختيار هذا النظام البيئي لأن الطريق الوحيد لدخول كميات كبيرة من المواد اليه هو عن طريق المطر أو الجليد. ولأن الغابة مبطنة بطبقة من الصخور غير المنفذة للماء فإن الطريق الوحيد لخروج المواد هو الصورة الذائبة أو المعلقة إلى الرافد الذي يتلقى الصرف من كل وادي (الشكل ٣٨ ـ ١٢). وكان من المفترض أن أي مواد تجلبها الحيوانات إلى الوادي سوف تعادلها المواد التي تأخذها الحيوانات من الوادي.

كان للطرق التحليلية عنصران رئيسيان. فقد وزعت مقاييس للمطر في كل أنحاء الوادي لحساب كمية المطر السنوي. وقد تم تحليل المطر المتجمع دوريا للكشف عن وجود المواد المختلفة تحت الدراسة (مثل الفوسفات). أما فيما يتعلق بالصادرات من هذا النظام فقد تم إقتياد الرافد الذي يتلقى ماء الصرف من كل وادي إلى حوض خاص مجهز بحيث يمكن قياس معدل سريان الماء فيه (الشكل ٣٨ـ١٢). وقد أمدنا التحليل الدوري لهذا الماء ببيانات يمكن منها حساب كميات المواد المغادرة للنظام البيئي.



الشكل (٣٨ـ١٢): قياس دورة المواد في غابة بولاية نيوهامبشاير. تقاس كمية المواد الداخلة الى الوادي بقياس كمية المطر ومابه من أملاح معدنية. أما المواد الخارجة من الوادي فتقاس عند هذا البناء بتعيين كمية الماء وما به من أملاح معدنية من الجدول الوحيد الذي تصب فيه مياه الصرف من الوادي. في السنوات الأخيرة كانت الكبريتات والنترات والبوتاسيوم تراكم في الغابة بينما كان هناك فقد صافي في كمية الصوديوم والسيليكا (بتصريح من وزارة الزراعة الأمريكية، ادارة الغابات).

وقد تبين أن أعلى دخل في هذا النظام البيئى هو الفوسفات. فقد أضيفت ٣ جرامات كل سنة إلى كل متر مربع من مساحة الغابة بينما لم يغادرها سوى ٢,٩ جم/م٢ في السنة من خلال ماء النهر. وعلى ذلك يبدو أن الفوسفات تتراكم في هذا النظام البيئي. (كان ذلك صحيحا أيضا بالنسبة للأمونيوم، النترات، والبوتاسيوم). بالنسبة للمواد الأخرى مثل الصوديوم (Na^+) والسيليكا (SiO_2) فقد كان معدل الصادر أعلى من معدل الوارد. ربما كانت المجموعة الأولى تتراكم في النظام البيئي مع نمو الغابة بينما كانت المجموعة الثانية تتبع المسار المحتوم لأنتقال المعادن من الأرض إلى البحر (أنظر القسم ٣٨ـ١٠).

المجال المحدود لهذا النظام البيئي أمدنا بمعلومات يمكن الوثوق منها. ولكن من السهل أن نرى أن توسيع هذه البيانات لتكون على نطاق عالمي يؤدى إلى شكوك هائلة. لذلك فان الأرقام المعطاة في دراستنا لسريان الطاقة ودورات المواد لابد من اتخاذها كتقديرات تقريبية فقط. وكلما تجمعت بيانات أفضل فانه سوف يتحتم اعادة النظر في الكثير منها (تماما كما أعيد النظر في الكثير منها في الماضي).

الأستنتاجات التي توصلنا اليها مبنية اذن على افتراض أن البيانات ـ على الرغم من كونها غير كاملة ـ تعطى قيم تقريبية معقولة لكيفية عمل المجال الحيوي. ولابد من اعتبار الأستنتاجات مبدئية وليست نهائية. ولقد أدى القلق المتزايد من تأثير الانسان على وظائف المجال الحيوي في بعض المناسبات إلى استخدام بيانات معينة كأساس لتنبؤات متشائمة عن وقوع كارثة محققة. ومن المؤكد أن تناولنا لمثل هذه الأسئلة بالدراسة لايترك مجالا للارتياح. ومن ناحية أخرى، بمجرد أن ترى كم هي محدودة تلك البيانات التي استقينا منها الكثير من التنبؤات والتعميمات فانك سوف تقدر كيف أن معلوماتنا عن المجال الحيوي غير مؤكدة وحينئذ تستطيع أن تواجه أي إدعاءات مثيرة بقدر من التشكك.

٣٨ـ٨. المـاء والمجـال الحيـوي
WATER AND THE BIOSPHERE

الماء هو أكثر الجزيئات انتشارا في الكائنات الحية. فهو يمثل ٦٠٪ من وزن الجسم البشرى البالغ وترتفع النسبة إلى ٩٥٪ من وزن تلك المخلوقات الرقيقة مثل قناديل

البحر والأجنة. كل الكيمياء الحيوية تقريبا كيمياء مائية، أي أن الماء هو الوسط الذي تحدث فيه معظم التفاعلات الكيميائية الحيوية. كذلك يشارك الماء مباشرة في الكثير من تفاعلات الكيمياء الحيوية بما في ذلك تفاعلات التنفس الخلوي والهضم والبناء الضوئي.

المـاء هو الموطن بالنسبة للعديد من أنواع الأحياء الدقيقة والنباتات والحيوانات. ولأننا مخلوقات أرضية فإننا نميل أحيانا إلى أغفال حجم ودرجة تعقيد المشاكل الخاصة بالنظم البيئية للمياه العذبة والمالحة.

سواء على المستوي المحلي أو على المستوي العالمي فان الماء يشارك في دورات كل المواد الأخرى التي تحتاج اليها الكائنات الحية. كل مادة ناقشنا دورتها في الجزء السابق من هذا الباب لاتكمل دورتها في المجال الحيوي إلا ببعض المساعدة من الماء.

٣٨-٩. خواص الماء THE PROPERTIES OF WATER

للماء عدد من الخواص الفريدة أو غير العادية هي التي تجعله قادرا على أن يلعب العديد من الأدوار الخاصة في المجال الحيوي. فهو لايتفوق عليه أي مركب كمذيب قادر على إذابة مدى واسع من المواد العضوية. وهذه الصفة التعددية للماء كمذيب هي التي تمكنة من العمل كوسط لنقل الكثير من المواد وهذا صحيح سواء داخل الكائنات الفردية أو على مستوي المجال الحيوي ككل. فالدم والليمف والبول هي ثلاثة سوائل أساسها الماء ولها وظائف أساسية في النقل كما رأينا.

يوجـد الماء في صورة سائلة عند مدى واسع من درجات الحرارة التي توجد في معظم أجـزاء الأرض. وخـارج هذا المدى تتباطأ العمليات الحيوية أو تتوقف تماما. وحتى عندما تهبط درجة الحرارة إلى ما دون درجة التجمد (صفر °م) فان الثلج المتكون يطفو على سطح المـاء فيعمل كغطاء حراري للماء وساكنيه. الصورة الصلبة من كل المواد الأخرى تكون أكثر كثافة من الصورة السائلة. وإذا كان ذلك صحيحا أيضا بالنسبة للثلج لتجمد الماء من القاع إلى القمة وربما لايذوب بالكامل أثناء الصيف في الكثير من الحالات.

للماء أعـلى سعة حرارية بين المواد الشائعة. وهذا يعني أنه تلزم كمية من الطاقة

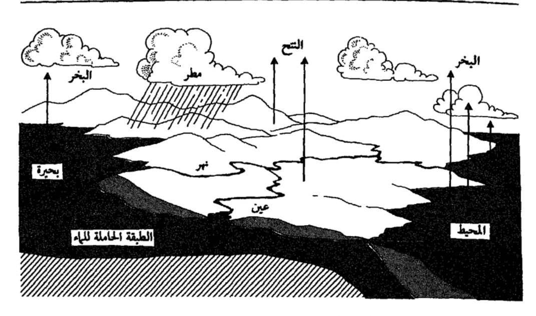
(الحرارة) لرفع درجة حرارة الماء عدد معين من الدرجات أكبر مما تلزم لأي مادة أخرى. وبالعكس، عند تبريد الماء عدد معين من الدرجات فانه يطلق كمية حرارة أعلى مما تطلقها أي مادة شائعة أخرى. هذه الخاصية هامة سواء على المستوي الفردي أو على المستوي العالمي. فبالنسبة للكائن الفرد تعمل السعة الحرارية العالية للماء على حمايته من التقلبات المتطرفة المفاجئة في درجة الحرارة. وعلى المستوى الأعلى، تعمل المحيطات والبحار على إعتدال التقلبات الموسمية في درجة الحرارة. ولهذا السبب تكون المناطق الساحلية أكثر برودة في الصيف واكثر دفئا في الشتاء من المناطق البعيدة عن البحر ولها نفس الأرتفاع.

الماء فريد أيضا من حيث الأرتفاع غير العادي لحرارة البخر. ففي المتوسط يلزم حوالي ٥٨٠ سعر لتحويل جرام واحد من الماء إلى بخار ماء. هذه القيمة أعلى من القيمة اللازمة لأي مادة شائعة أخرى. وهي ذات أهمية قصوى في تنظيم حرارة الجسم عند الكثير من الحيوانات. فالعرق sweating واللهاث panting هما وسيلتان سلوكيتان شائعتان عند الثدييات (وبعض الزواحف) لخفض درجة حرارة الجسم. وترجع كفاءة هاتين الوسيلتين إلى الكمية الكبيرة من حرارة الجسم التي تلزم لتبخر الماء.

كل هذه الخواص غير العادية للماء تعود إلى التركيب غير العادي لجزىء الماء (انظر القسم ٣ـ٤ والقسم ٣ـ٥). بسبب التوزيع غير المنتظم للاليكترونات فان الجزىء يكون شديد القطبية وهذا يمكنه من التفاعل بسهولة مع المواد القطبية الأخرى كما أنه يفسر قوة الاذابة العالية للماء. الاختلاف في السالبية الكهربية بين ذرات الأوكسجين والهيدروجين يخلق روابط بين الجزيئات. التجاذب المتبادل بين جزيئات الماء هو الذي يفسر قابلية الماء للبقاء سائلا عند مدى واسع من درجات الحرارة (صفر ـ ١٠٠ °م) وكذلك يفسر سعته الحرارية العالية والقيمة المرتفعة لحرارة تبخيره.

٣٨ـ١٠ . دورة المـاء THE WATER CYCLE

مثل كل العناصر الأخرى في المجال الحيوى فان للماء دورات (الشكل ٣٨ـ١٣). مكان التجمع الرئيسي للماء هو المحيطات ويقدر محتواها بحوالي ٩٧٪ من كل الماء الموجود على كوكب الأرض. أما الباقي فهي مياه عذبة في صورة سائلة ومتجمدة



الشكل (٣٨-١٣): توزيع الماء. الماء المتبخر من البحر يعوض الماء العذب الذي ينساب باستمرار الى البحر عندما يسقط على الأرض في صورة مطر.

وبخارية. حوالي ٧٥٪ من المياه العذبة متجمدة في المثالج glaciers وفي صورة جليد دائم في المناطق القطبية. تذكر التقدير المعطى لك سابقا: إذا ذاب كل الجليد في المثالج فسوف يرتفع سطح البحر بحوالي ٧٥-١٥٠ متر.

أقل من ١٪ من ماء الأرض يوجد كمياه عذبة سائلة. معظم ذلك (حوالي ٩٦٪) يوجد كمياه جوفية في طبقات الصخور والتربة تحت سطح الأرض. الباقي هو الماء السطحي الموجود في البحيرات والأنهار. معظم مياه الأنهار تصل في النهاية إلى البحر حاملة معهـا شحنة من الملح وتختلط مع الماء المالح للبحر. يتم تعويض هذا الفقد المستمر في المياه العذبة عن طريق تبخير ماء البحر باستعمال الطاقة الشمسية. التبخير ببساطة هو تقطير عند حرارة منخفضة ولذلك تبقى الأملاح حيث هي. وعلى مستوى العالم فان متوسط كمية ماء البحر الذي يتبخر كل سنة يكافىء طبقة سمكها ١٢٠ سم من سطح كل المحيطات. عندما يبرد بخار الماء فانه يتكثف ويعود إلى الأرض كماء عذب في صورة مطر أو جليد. وبالطبع يسقط المطر فوق المحيط كما يسقط فوق الأرض ولكن تضاريس الأرض تساعد على تساقط المطر مما يؤدي إلى تلقى الأرض كميات من المطر أكبر نسبيا مما تتلقاه المحيطات. يتم تعويض الفرق عن طريق فيضان الأنهار مرة أخرى في المحيطات.

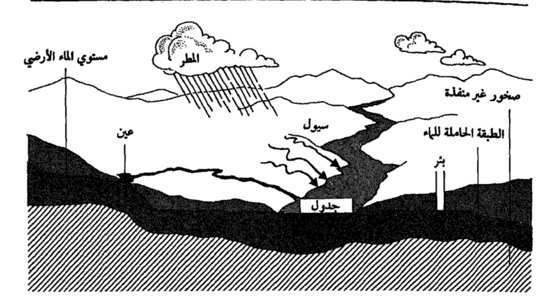
يحدث البخر أيضا على الأرض. فهو يحدث من سطح الماء الراكد، ومن سطح التربة المبللة المكشوفة، من خلال فتحات الثغور في النباتات في موسم النمو تنتح المحاصيل والغابات كمية من الماء تكافيء طبقة سمكها ٥٠ـ٨٠ سم، وبالنسبة للكثير من الأراضي فان ذلك يمثل أكثر من نصف الماء المفقود بالبخر.

الماء الساقط على الأرض يدخل أولا إلى الطبقات العليا من التربة وقد يمر منها إلى أماكن تجمع الماء السطحى مثل البرك والأنهار. وإذا توفرت الشروط اللازمة فقد يمر الماء أيضا إلى أسفل نحو مستوي الماء الأرضي water table. مستوي الماء الأرضي هو ببساطة السطح العلوي لمنطقة تحت أرضية من تربة و/أو صخر مشبعة بالماء. مثل تلك المنطقة تسمى المنطقة الحاملة للماء aquifer (الشكل ٣٨ـ١٤). أحيانا يصل مستوي الماء الأرضي في بعض الأماكن إلى مستوي سطح الأرض فتنشأ الينابيع والعيون springs. الكثير من الينابيع يوجد في منخفضات مليئة بالماء فيضيف إلى انسياب الماء السطحى إلى تلك الجداول والبحيرات التي تغذيها الينابيع. وأحيانا يحدث العكس فيتحرك الماء إلى أسفل ليثرى ويزيد من الطبقة المائية.

٣٨ـ١١. التربة SOIL

في النظم البيئية الأرضية تكون التربة هي نقطة دخول معظم المواد إلى المادة الحية. تمتص النباتات الماء والنترات والفوسفات والكبريتات والبوتاسيوم والنحاس والخارصين والمعادن الأساسية الأخرى بواسطة جذورها. ومن هذه المواد تقوم النباتات بتحويل ثاني أوكسيد الكربون (الذي تأخذة من خلال الأوراق) إلى بروتينات وكربوهيدرات ودهون وأحماض نووية والفيتامينات التي تعتمد عليهاهي وكل شواذ التغذية. وتكون التربة، مع درجة الحرارة والماء، عامل محدد رئيسي لأنتاجية الأرض.

عادة يكشف قطاع طولى في التربة عن عدة طبقات أو آفاق (الشكل ٣٨ـ١٥). الطبقة العليا تتكون من نفايات عضوية متحللة جزئيا (مثل الأوراق). تحتها توجد التربة السطحية topsoil. هذه الطبقة عادة داكنة اللون بسبب المادة العضوية المتحللة، أو الدوبال humus. التي تسربت اليها من أعلى. الزراعة المنتجة تعتمد على منطقة سميكة من الطبقة العليا ذلك أن الدوبال يكسب التربة ملمس مفكك يجعلها تحتفظ بالماء كما يسمح بانتشار الهواء خلالها. الهواء ضروري لتغطية الأحتياجات التنفسية



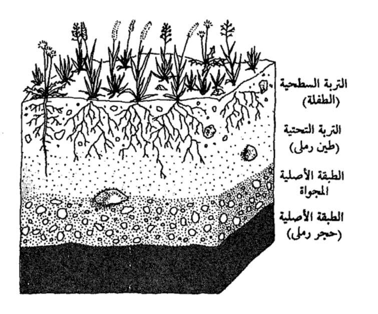
الشكل (٣٨ـ١٤): العلاقة بين المياة الجوفية والمياة السطحية. ضخ المياة من الجداول والعيون يسحبها من الطبقة المائية. والماء المضاف الى الأنهار (والعيون) يثرى الطبقة المائية.

لجذور النباتات، وكائنات التحلل الدقيقة، وكل الكائنات الأخرى التي تعيش في التربة.

تحت التربة السطحية توجد طبقة متميزة تسمى التربة التحتية subsoil. هذه عادة لها لون فاتح عن لون الطبقة العليا وغالبا ما تكون غنية بالمواد الغذائية غير العضوية. تحت الطبقة التحتية توجد طبقة من المادة الأصلية المجواة weathered parent material هذه تمثل أول خطوة في التكسير الكيميائي للصخور وتحويلها إلى تربة. غالبا تكون المادة الأصلية المهشمة موجودة فوق المادة الأصلية parent material نفسها على الرغم من أنها تكون محمولة أحيانا إلى هذا المكان من موقع آخر بالرياح أو الماء أو الثالج. التركيب الكيميائي للمادة الأصلية سواء كان من الجرانيت أو الحجر الجيرى أو الحجر الرملي، له تأثير كبير على خواص التربة المستمدة منه.

تكوين التربة هو عملية ديناميكية. فهو نتاج كل من: (١) تحلل المادة الأصلية كيميائياً، (٢) تكوين الدوبال بواسطة الأحياء الدقيقة وادخالة من أعلى إلى التربة بواسطة حيوانات الجحور (٣)، حركة المعادن الذائبة في الماء الذي يتسرب من خلال التربة.

تؤثر كمية الماء الساقطة على التربة على خواصها وانتاجيتها تأثيرا ضخما. ففي المناطق الرطبة (٧٥ـ١٠٠ سم أو أكثر من المطر في السنة)، يسقط على التربة مايكفي من الماء

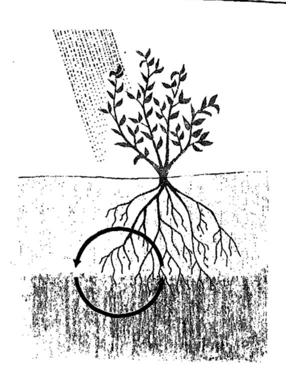


الشكل (٣٨-١٥): قطاع في التربة بولايات السهول. المطر خفيف لدرجة أن معادن التربة نادرا ما تحمل لأسفل نحو الطبقة التحتية. كنتيجة لذلك فانه يسهل المحافظة على خصوبة هذه التربة.

بحيث يمر معظمه إلى الطبقة الحاملة للماء ويحمل معه الكثير من المواد المعدنية. مثل هذه التربة تميل إلى أن تكون حامضية وذات خصوبة متناقصة مالم يتم تداركها. فقط عن طريق التسميد وإضافة الجير (لأستعادة الكالسيوم و رفع الأس الهيدروجيني) يمكن اقامة زراعة منتجة في مثل هذه التربة. التربة في شرق الولايات المتحدة من هذا النوع.

في ولايات السهول، يكون المطر السنوي قليلا (حوالي ٥٠ سم) لدرجة أن قليلا منه فقط يتسرب إلى الطبقة الحاملة للماء أو لايكون هناك تسرب بالمرة. ولا ينتقل الكالسيوم والمعادن الأخرى بعيدا عن متناول جذور النباتات وبالتالي يبقى متاحا لها. ذلك يحفظ الأس الهيدروجيني عالياً ويحافظ على الخصوبة العامة للتربة. فيما عدا كمية المعادن التي تؤخذ من التربة مع جذور النباتات وتفقد فان المعادن تمر بدورات من التربة التحتية إلى النباتات إلى التربة السطحية ومنها إلى التربة التحتية مرة أخرى (الشكل ٣٨-١٦). الخصوبة التي تحافظ على نفسها في تربة ولايات السهول تفسر الاسم الذي يطلق على هذه المنطقة بأنها سلة الخبز لهذه الأمة.

في الصحاري يكون المطر قليلا (٢٥ سم في السنة أو أقل) بحيث يبقى الماء قريبا من السطح ويفقد بالبخر تاركا الأملاح التي يحملها بالقرب من سطح التربة. وقد يؤدى تراكم هذه الأملاح إلى جعل التربة قلوية لدرجة لاتستطيع معها معظم المحاصيل أن تنمو. الموقف سيء بصفة خاصة في ولايات الحوض العظيم (يوتا ونيفادا) لأن الماء



الشكل (٣٨-١٦): دورة العناصر في تربة ولايات السهول. الفقد الوحيد في المعادن يحدث مع نزع جذور المحاصيل.

السطحى المنحدر من الجبال ـ حاملا معه شحنة من الأملاح الذائبة ـ لايستطيع الأنسياب إلى البحر بل يتجة نحو قاع الوادي ويتبخر.

٣٨-١٢. احتمالات زيادة الاراضي الزراعية في العالم:

PROSPECTS FOR INCREASING THE WORLD'S CROPLAND

في محاولة تغطية الأحتياجات الغذائية للأعداد المتزايدة من الناس فان أول وسيلة يتوقع المرء أن يجنى منها انتاجية أعلى هي زيادة الرقعة الزراعية. وقد تم استكشاف ثلاثة احتمالات.

الأول هو زراعة الصحراء بالرى. في جنوب غرب الولايات المتحدة تم تحويل مساحات شاسعة من الأراضي التي كانت غير منتجة إلى حقول خصيبة (الشكل ٣٨-١٧). ومع ذلك، فعلى فرض وجود مصدر من الماء النقى بوفرة فان الرى ليس هو العلاج الناجح. حتى أفضل أنواع مياه الرى يحتوي على أملاح ذائبة. وإذا استعملنا ما يكفى فقط من الماء لتلبيه إحتياجات المحاصيل فان الأملاح لاتنتقل أبدا إلى أعماق التربة.



الشكل (٣٨-١٧) : منظر جوى للوادي الأمبراطوري بجنوب كاليفورنيا صوره طاقم المركبة الفضائية أبوللو نهر سالتون في أعلى الوسط وتحته مزارع الوادي الأمبراطوري (المربعات الكثيرة الصغيرة) . لولا مياة الرى التي تجلبها القنوات من نهر كولورادو لكانت كل هذه المنطقة صحراء . (الصورة من ناسا) .

المعدلات المرتفعة للبخر في مثل هذه المناطق تسرع من تراكم الأملاح في الطبقات العليا من التربة . وإذا لم يتم تصحيح هذا الوضع فانه قد يصبح من الخطورة بحيث لاتستطيع النمو فيه إلا المحاصيل التي تتحمل الملوحة مثل بنجر السكر .

يمكن تصحيح هذا الوضع باستعمال ماء رى اضافي يكفى لغسل الأملاح إلى أعماق التربة . لسوء الحظ فان الكثير من الأراضي الصحراوية يكون ضحلا وتوجد تحته طبقات لاينفذ منها الماء . ماء الرى الذي لايتبخر يتراكم في التربة ويرتفع مستوي الماء الأرضى ببطء إلى السطح (إن لم يكن إلى النقطة التي يستعمل عندها الرى ثم يسرى إلى أسفل الوادي) . وسرعان ما تمتلىء الحقول بالماء المالح وإذا لم تتخذ خطوات لتصريف هذا الماء فان الأنتاجية تتدهور بسرعة .

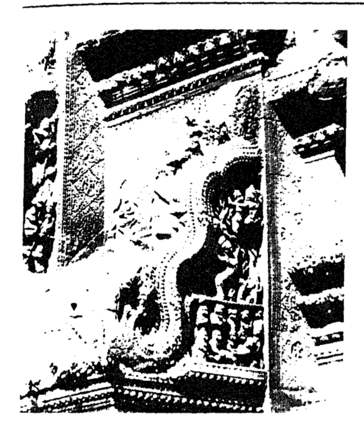
سد أسوان عند أعالى النيل في مصر تم بناؤه على أمل أن الماء المحتجز خلفه يمكن

أن يفتح مساحات شاسعة جديدة أمام الزراعة بالرى. وإلى اليوم لم يحقق هذا المشروع آمال مخططيه. فمعدل البخر المرتفع على غير العادة في المنطقة يجعل من الزراعة بالرى مجازفة محفوفة بالمخاطر للأسباب التي ذكرناها. معدلات البخر مرتفعة في الواقع (تصل إلى ٢٥٠ سم أو ١٠٠ بوصة من الماء في السنة) لدرجة أن البحيرة التي نشأت خلف السد لاتمتلىء كما كان متوقعا لها. قبل بناء السدكان الفيضان السنوي للنيل يجلب معه الغرين silt والمعادن إلى الأراضي الواقعة أسفل النهر فيحافظ على خصوبتها. والان لايحدث الفيضان وقد أصبحت إنتاجية هذه الأراضي ـ التي تزرع منذ مايزيد على ستة آلاف سنة ـ فجأة معتمدة على الأستخدام المكثف للأسمدة. في المدى الطويل قد لاتكون الأنتاجية الزراعية الكلية لمصر أكبر مما كانت من قبل.

مكان آخر يمكن أن نبحث فيه عن أراضي قابلة للزراعة هو هذا الجزء الكبير من سطح الأرض الذي تغطيه التلال والجبال. معظم الأراضي المنحدرة تستخدم فقط لزراعة الأشجار أو لرعى الحيوانات. ومع ذلك فمحاولات زيادة إنتاج العالم من الغذاء بتحويل هذه الأراضي إلى زراعة المحاصيل التقليدية هي مخاطرة في أحسن الأحوال. فالتربة الزراعية تتعرض بشدة للتآكل بفعل الرياح والماء وتزداد هذه القابلية للتآكل زيادة لوغاريتمية مع زيادة الأنحدار. وبينما كانت زراعة المصاطب حلا لهذه المشكلة منذ فجر الزراعة الا أنها تعيق الميكنة الزراعية على نطاق واسع. وأفضل وسيلة للمحافظة على انتاجية الأراضي المنحدرة هي بجعلها مغطاه دائما بالنجيليات أو الأشجار.

ربما كانت أعز أماني أولئك الذين يبحثون عن أراضي جديدة للزراعة مركزة في المساحات الشاسعة من الأدغال في أفريقيا وأمريكا الجنوبية. فهذه المناطق جيدة الأنتاجية ولكن التربة نفسها ليست كذلك. فبسبب المطر الغزير تغسل المواد المغذية بسرعة من التربة السطحية مالم تدخل إلى نباتات الغابة. وكلما تساقطت نفايات النباتات والحيوانات على الأرض فانها تتحلل بسرعة بسبب الدفء والرطوبة. مايحدث اذن هو أن غطاء الغابة يمسك بالجزء الأكبر من المواد المعدنية وليت التربة نفسها تمسك بها. فاذا أزيلت الغابة لمحاولة الزراعة فان التربة تفقد خصوبتها بسرعة.

يزداد الموقف سوءا بغياب الدوبال (قد لايكون سمك التربة السطحية أكثر من



الشكل (٣٨-١٨) : زخارف معقدة تزين أعلى واجهة معبد أنوروات في كمبوديا. أنشيء المعبد منذ حوالي ألف سنة أثناء حضارة الخمير المنقرضة مواد البناء هي الحجر الرملي واللاتريت وهو يشبه مادة الطوب وينتج عندما تتعرض التربة المحلية للشمس. يقال ان حضارة الخمير فشلت لأن التربة اللاتريتية في المنطقة لم تصلح للزراعة الناجحة. (بتصريح من خوت خور، الارسالية الدائمة لجمهورية الخمير لدى الأمم المتحدة).

بوصتين) والمحتوي العالي من الحديد والألومنيوم في معظم هذه الأراضي. وبمجرد أن تتعرض هذه التربة المسماة باللاتريتية lateritic soil للشمس فانها تتحول إلى مادة تشبة المطلوب ولا تصلح ببساطة لأي زراعة (الشكل ٣٨-١٨). وقد فشلت جميع المحاولات تقريبا لزراعة مثل هذه التربة اللاتريتية بما يمكن أن نسمية بالزراعة التقليدية. ولكن كما تعلمنا من قبائل التسيمباجا (أنظر القسم ٣٨-٢)، فان أراضي الأدغال يمكن أن تكون منتجة. فما زال أقدم الطرق (البعض قد يسميه أكثرها بدائية!) للتعامل مع هذه التربة هو أفضلها: ازالة الأحراش من مساحة صغيرة من الغابة، ثم زراعة المحاصيل لسنة واحدة أو سنتين فقط، ثم تركها للغابة مرة أخرى. وبهذه الطريقة يمكن تفادي تحويل التربة إلى لاتريتية والمحافظة على خصوبتها الهشة.

لقد فشلت محاولات تصدير التكنولوجيا الزراعية الخاصة بمنطقة وتطبيقها في منطقة أخرى أكثر مما نجحت. العوامل التي تؤثر في الزراعة الناجحة ـ المواد المغذية، والماء، والآفات، وطول موسم النمو ودرجة الحرارة، وقابلية المزارعين المحليين للأقلمة، والتربة، ـ تختلف من منطقة إلى منطقة. ولن تأتي أي تحسينات في الأنتاجية الا من

البحث الدقيق في الموقع ومعظم هذه التحسينات لن تكون سوى مكاسب متفرقة وليست فلتات هائلة .

ملخص الباب CHAPTER SUMMARY

توجد الذرات والجزيئات التي تتكون منها الكائنات الحية بكميات محدودة . وقد دامت الحياة لأكثر من ثلاثة بلايين سنة لأنه كلما ماتت هذه الكائنات وتحللت فانه يعاد إستخدام هذه المواد .

ينطلق ثاني أوكسيد الكربون من المادة العضوية بالتنفس والتحلل والأحتراق . ويدخل ثاني أوكسيد الكربون في مادة عضوية جديدة بالبناء الضوئي .

ينطلق الأوكسجين في البيئة (الغلاف الجوى والماء) بالبناء الضوئي ويؤخذ منها بعملية التنفس الخلوي .

على الرغم من أن النتروجين الحر (N_2) يكون ٧٩٪ من الغلاف الجوى للأرض فان بعض بدائيات النواة فقط تستطيع تثبيت هذا النتروجين في صور يمكن استخدامها في تخليق البروتينات والمركبات النتروجينية الأخرى . بعض بدائيات النواة هذه تقوم بتثبيت النتروجين فقط عندما تكون مرتبطة بنباتات مثل البقوليات . النباتات التي ليست لها مثل هذه العلاقة التكافلية تعتمد على النترات الموجودة في التربة . اتاحة النتروجين المثبت غالبا ماتكون هي العامل المحدد في النظم البيئية الأرضية والمائية .

الفوسفور هو العنصر الرئيسي الوحيد في المادة الحية الذي يمر بدورة دون أن يستفيد من الغلاف الجوى . في بعض النظم البيئية يكون الفوسفور وليس النتروجين هو العامل الغذائي المحدد .

أقل من ١٪ من الماء الموجود على كوكب الأرض يكون متاحا في صورة سائلة وعذبة . ليس فقط الكائنات التي تعيش في المياه العذبة ولكن كل الكائنات الأرضية كذلك تعتمد في بقائها على هذا الماء . يغادر الماء العذب النظم البيئية الأرضية بالبخر ويذهب إلى البحر . وهو يعود اليها على هيئة مطر يسقط من الغلاف الجوى .

تعتمد النباتات على التربة التي تنمو فيها للحصول على الماء والأملاح المعدنية . وعلى

ذلك تكون التربة عامل محدد أساسي للأنتاجية. كمية المطر الساقط على التربة تحدد خصوبتها. حيثما تزيد كمية المطر عن ١٠٠ سم/سنة فانه يغسل الأملاح المعدنية من التربة إلى أعماق الطبقة التحتية بعيدا عن متناول جذور النباتات. في المناطق الجافة (أقل من ٢٠سم/سنة) تتراكم الأملاح المعدنية في التربة السطحية وقد تجعلها أكثر ملوحة من احتمال معظم النباتات. أكثر الأراضى خصوبة هي التي تتلقى ٥٠ـ٧٠ سم من المطر في السنة.

تمارين ومسائل EXERCISES AND PROBLEMS

١ ــ أذكر أربعة أنواع مختلفة من البكتيريا التي تشارك في دورة النتروجين وأذكر بالتحديد ما يؤدية كل نوع.

٢ ــ ماهي النسبة المئوية بالوزن للنتروجين في عينة من سماد ٨ـ٦ـ٤؟

٣ ــ لماذا تحتاج النباتات إلى النترات والفوسفات؟

٤ ــ كم ميلليجرام بالتقريب من ثاني أوكسيد الكربون توجد في كل جرام من الهواء؟

٥ ــ في خلال موسم نمو واحد (مائة يوم) نتح حقل الذرة كمية من الماء تكافيء طبقة عمقها ٦٠ سم. ماهو مقدار الطاقة الشمسية (بالكيلو سعر/م^{٢}) الذي لزم لذلك؟ ماهي نسبة هذه الكمية إلى الكمية الكلية للطاقة الأشعاعية التي تسقط على الحقل؟

٦ ــ لماذا تكون الطبقة العليا من التربة في المراعى أكثر سمكا بكثير عنها في الغابة الإستوائية الممطرة؟

٧ ــ تم تحديد الوقت اللازم لتحلل النفايات العضوية (مثل الأوراق حديثة التساقط) واندماجها في الطبقة العليا للتربة في أربعة نظم بيئية مختلفة هي: الغابة الأستوائية الممطرة، الغابة النفضية المعتدلة، التايجا، والمراعي وكانت القيم (ليس بنفس الترتيب) على النحو التالي: سنة، ثلاث سنوات، سبع سنوات، ستة أسابيع. ضع لكل نظام بيئي القيمة المناسبة له.

REFERENCES المـراجع

1 - BOLIN, B , "The Carbon Cycle," Scientific American, Offprint No. 1193, September, 1970.

2 - CLOUD, P., and A. GIBOR, "The Oxygen Cycle," Scientific American, Offprint No. 1192, September, 1970.

3 - DELWICHE, C. C.. "The Nitrogen Cycle," Scientific American, Offprint No. 1194, September, 1970.

4 - DEVEY, E. S., JR., "Mineral Cycles," Scientific American, No. 1195, September, 1970. All of the above articles can also be found in The Biosphere, Freeman, San Francisco, 1970. Available in paperback.

5 - WOODWELL, G. M., "The Carbon Dioxide Question," Scientific American, Offprint No. 1376, Janurary, 1978. Examines the current increase in atmospheric carbon dioxide and the dangers this poses of future climatic change.

6 - LIKENS, G.E., R.F. WRICHT, J. N.GALLOWAY, and T.J. BUTLER, "Acid Rain," Scientific American, Offprint No. 941, October, 1979.

7 - BORMANN, E. H., and G.E. LIKEMS, "The Nutrient Cycles of an Ecosystem," Scientific American, Offprint No. 1202, October, 1970. How the input and output of minerals were measured in a forest in New Hampshire.

8 - JANICK, J., C.H. NOLLER, and C.L. RHYKERD, "The Cycles of Plant and Animal Nutrition," Scientific American, September, 1976. Also available in Food and Agriculture: A Scientific American Book, Freeman, San Francisco, 1976.

9 - AMBROGGI, R. P., "Water," Scientific American, Offprint No. 735, September, 1980.

10- PENMAN, H. L., "The Water Cycle," Scientific American, Offprint No. 1191, September, 1970.

11- KELLOGG, C. E., "Soil," Scientific American, Offprint No. 821 July, 1950.

12- MCNEIL, MARY, "Lateritic Soils,"Scientific American, Offprint No. 870, November, 1964.

13- REVELLE, R., "The Resources Available for Agriculture," Scientific American, September, 1976. Also available in Food and Agriculture: A Scientific American Book, Freeman, San Francisco 1976.

14- REVELLE, R., "Carbon Dioxide and World Climate," Scientific American, Offprint No. 962, August, 1982.

CHAPTER 39 الباب التاسع والثلاثون

نمو العشائر

THE GROWTH OF POPULATIONS

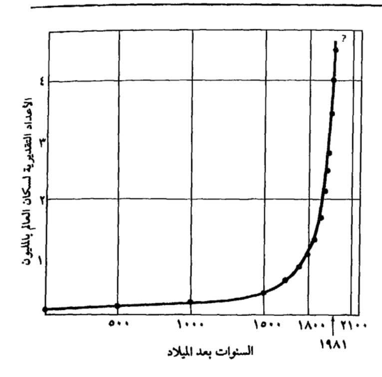
الباب التاسع والثلاثون
نمو العشائر
(أو الزيادة السكانية)

٣٩-١ . العشيرة البشرية THE HUMAN POPULATION

العشيرة هي كل أفراد النوع الواحد الذين يعيشون في وقت واحد في مساحة معينة . دعنا نلقي نظرة سريعة على العشيرة البشرية التي تسكن كل الكرة الأرضية كمقدمة للأسس العامة لنمو العشائر.

الشكل ٣٩-١ هو رسم بياني به تقديرات لحجم البشرية في العالم خلال الألفي سنة الأخيرة. على خلاف الكثير من الرسوم التوضيحية الأخرى في هذا الكتاب كان لابد من إعادة رسم هذا الشكل مع كل طبعة جديدة. وفي كل مرة كان التغيير يتمثل في مد الخط المتصل إلى الخط المنقط وذلك بسبب أنه مع كل طبعة كان التقدير الجزا في يتحقق عند صدور الطبعة الجديدة.

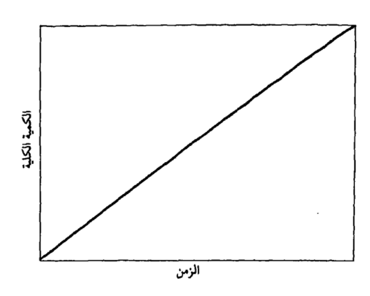
كما ترى فان حجم العشيرة البشرية يزيد بسرعة كبيرة في الوقت الحاضر ولكن شكل هذا الرسم البياني يقول لنا ماهو أكثر من ذلك بكثير. فاذا كان حجم العالم يزيد دائما بعدد معين من الأفراد في خلال فترة زمنية معينة لكان هذا المنحنى قد أخذ شكل المستقيم الذي له ميل متزايد (الشكل ٣٩-٢). وسوف يعتمد ميل هذا الخط على ضخامة الزيادة في حجم العشيرة. شكل المنحنى في الشكل ٣٩-١ يدل على أن الزيادة المرحلية في حجم العشيرة كانت تتزايد مع كل فترة زمنية تمر. ولكى ندرس بعض الأرقام الفعلية دعنا نفحص التاريخ الحديث للعشيرة في المكسيك.



الشكل (٣٩-١): زيادة العشيرة الأنسانية. التقديرات منذ عام ١٨٠٠ مبينة عن بيانات أكثر دقة عن ذي قبل.

قدرت العشيرة في المكسيك عام ١٩٧٣بـ ٥٦,٢ مليون نسمة. و في عام ١٩٧٤ ارتفع الرقم إلى ٥٧,٣ مليون نسمة. ١,١ مليون نسمة في هذه السنة. في عام ١٩٧٥ كان التعداد ٥٩,٢ مليون نسمة، أي أن الزيادة (١,٩ مليون) كانت أكبر مما كانت عليه في السنة السابقة. وكان التعداد في عام ١٩٧٦ هو٦٢,٣ مليون نسمة اي بزيادة قدرها ٣,١ مليون نسمة خلال تلك السنة. إذن لم يكن التعداد يتزايد فقط من سنة إلى سنة، ولكن حجم الزيادة السنوية كان هو أيضا يتزايد.

لقد أصبح النمو السريع والمطرد للعشيرة البشرية في العالم مصدر قلق كبير لكل شخص قادر على التفكير. إلى متى سوف يستمر هذا الاتجاه؟ إلى مالانهاية؟ بالقطع لا. ولكن حتى لو إستمر لمدة أربعين عاما أخرى فان تعداد العالم سوف يتصاعد من ٤,٥ إلى ٩ بليون نسمة. ماهو حجم العشيرة التي يمكن أن تتحملها مصادر العالم؟ ماهـو حجم العشـيرة التي تستـطيع أن تحيا حياة كريمة على هذا الكوكب؟ ببساطة لانعرف. بعض علماء السكان demographers (أي دارسو العشائر) يدعون أننا قد تجاوزنا بالفعل هذا العدد. البعض الاخر يقول بأن الأرض تستطيع أن تستوعب عدة بلايين أخرى. في الواقع، هناك الكثير من العوامل المجهولة والتي لايمكن التنبؤ بها حتى يمكن أن نصل إلى تقديرات يُعتمد عليها. ومع ذلك فانه يمكننا أن ندرس بعض



الشكل (٣٩-٢): الزيادة الخطية. اذا أقرضت أحد الأفراد مائة دولار بنسبة فائدة ٦٪ في السنة فان الشكل البياني لزيادة دخلك يكون على هذه الصورة. نادرا ماتنمو العشائر بهذه الطريقة.

أسس ديناميكية العشائر فربما وصلنا من ذلك إلى فهم أفضل لما حدث وأدى إلى الموقف الراهن وما يمكن أن يحمله المستقبل بين طياته.

٣٩-٢. أســس نمـو العشــائر
PRINCIPLES OF POPULATION GROWTH

للمساعدة على إستيعاب نمو العشائر، فكر فيما يحدث في مدينتك. تخيل أنك بدأت تتابع إعلانات المواليد في الجريدة لمدة عام. في نهاية العام قمت بقسمة العدد الكلي للمواليد على عدد الالاف من الناس في مدينتك. النتيجة هي معدل المواليد birth rate مقدراً بعدد المواليد لكل الف نسمة في السنة. فاذا كانت مدينتك تمثل المتوسط بالنسبة للولايات المتحدة فان هذا الرقم سوف يكون ١٦. والآن عليك أن تفعل نفس الشيء مع إعلانات الوفاة. عدد الوفيات لكل ألف نسمة في نهاية السنة هو معدل الوفيات death rate لهذه السنة. المتوسط الحالي للولايات المتحدة هو ٩ إذن ماذا حدث في مدينتك خلال سنة؟ إنها قد نمت بمقدار الفرق بين معدل المواليد ومعدل الوفيات. بالنسبة للدول كلها هذا الفرق هو ٧ لكل ألف. بالصورة العشرية يكون ٧/ ١٠٠٠ = ٠,٠٠٧ في السنة. هذه القيمة تسمى معدل الزيادة الطبيعية أو (r).

معدل المواليد ـ معدل الوفيات = معدل الزيادة الطبيعية (r).

ولكن من المؤكد أنه خلال هذه السنة ينتقل بعض الناس إلى المدينة وينتقل بعض

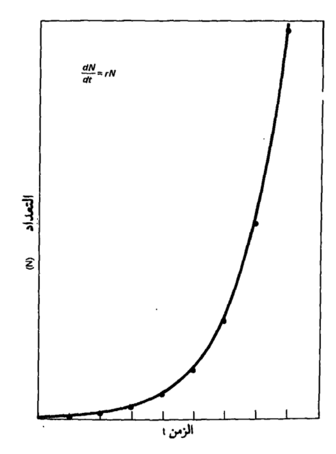
الناس منها. فاذا كانت هناك هجرة صافية فان ذلك لابد أن يؤخذ أيضا في الأعتبار.

من أجل تبسيط التحليل، دعنا نغفل تعقيدات الهجرة. فمن المؤكد أنه بالنسبة للعالم ككل لايكون للهجرة أي اعتبار. فاذا كانت مدينتك تزيد كل سنة بعدد ثابت من الناس فان التعداد سوف يزيد ولكن شكل الرسم البياني لهذه الزيادة سوف يشبه الشكل ٣٩-٢. هذا سوف يكون نمو بطريقة «الأرباح البسيطة». ولكن العشائر لاتنمو بهذه الطريقة. فكما سبق أن أوضحت فان ناتج الزيادة يزيد هو نفسه. وعلى ذلك فنمو العشائر هو مشكلة تشبه الأرباح المركبة.

تعداد السنة القادمة = تعداد السنة الحالية + (r) تعداد السنة الحالية

عند نهاية كل سنة (أو أي فترة زمنية تختارها) فان الأساس الذي يحسب به المعدل يكون هو نفسة قد زاد. جرب ذلك بنفسك. مهما كانت الأرقام التي تختارها فان الرسم البياني للتعداد مع مرور الزمن سوف يعطيك منحنى يشبه ذلك الموجود في الشكل ٣٩-٣.

وعلى ذلك فانه يمكننا أن نتنبأ بنمو العشيرة تماما كما يمكننا أن نتنبأ بالزيادة المطردة دائما في حساب توفير إذا ماتركت الأرباح لتتراكم فيه. هناك عدة تحسينات يمكن ادخالها على طريقة الحساب. فبنوك التوفير تعلن عن الأرباح كل فترة زمنية محددة وليكن



الشكل (٣٩-٣): الزيادة الأسية. مع القيمة الموجبة لـ r (مهما كانت صغيرة) فأن زيادة N سوف تتسارع مع الزمن.

كل شهر مثلا. فاذا كان البنك يعطيك أرباح سنوية بنسبة ٦٪ فان الأرباح في حسابك تحسب في نهاية كل شهر بضرب الرصيد في ٠,٠٠٥ (٠,٠٦ ÷ ١٢). هذه الطريقة تعطيك عائد سنوي أفضل قليلا مما تحصل عليه من حساب الأرباح على أساس مرة واحدة في السنة (الشكل ٣٩-٤). وربما كان البنك الذي تتعامل معه قد بدأ يقدم نظام الأرباح المركبة اليومية ويعلن بكل فخر أن ذلك يمنحك نسبة أرباح فعلية أفضل قليلا من النسبة السنوية. ولكن الحسابات المتكررة (رصيد اليوم = رصيد الأمس + ٠,٠٦/٣٦٥ رصيد الأمس) تكون مرهقة على أقل تقدير. أكثر من ذلك فان العشائر لاتنمو على دفعات سنوية أو شهرية أو حتى يومية، ولكنها تنمو طول الوقت. إذا كنت قد درست حساب التفاضل والتكامل فانك سوف تعرف أنه يقدم لنا طريقة لحل مثل هذه المسائل. فنحن نعبر عن مسألة الأرباح المركبة أو مسألة نمو العشائر بالمعادلة:

معدل النمو للعشيرة في أي لحظة. $$\left(\frac{dN}{dt}\right) = rN$$

حيث r هي معدل الزيادة الطبيعية في فترة زمنية معينة (t)، N هو عدد أفراد العشيرة في لحظة معينة. شكل مفيد لهذه المعادلة التفاضلية هو: $N = N_0 e^{rt}$ حيث N_0 هو عدد أفراد العشيرة في البداية، N هي عدد أفراد العشيرة بعد فترة زمنية معينة (t) و e

الشكل (٣٩-٤): زيادة مائة دولار بنسبة ربح مركبة مقدارها ٦٪.

	زيادة سنوية	زيادة شهرية	زيادة مستمرة*
عند نهاية السنة الأولى	١٠٦,٠٠	١٠٦,١٧	١٠٦,١٨
عند نهاية السنة الثانية	١١٢,٣٦	١١٢,٧٢	١١٢,٧٥
عند نهاية السنة الثالثة	١١٩,١٠	١١٩,٦٧	١١٩,٧٢
عند نهاية السنة الرابعة	١٢٦,٢٥	١٢٧,٠٥	١٢٧,١٢
عند نهاية السنة الخامسة	١٣٣,٨٢	١٣٤،٨٩	١٣٤,٩٩

*باستخدام المعادلة

هو الثابت ٢,٧١٨٢٨ (وهو الأساس للوغاريتمات العادية). على هذه الصورة يكون لدينا معادلة نستطيع بسرعة أن نتنبأ عن طريقها بنمو العشائر (ونمو حساب التوفير الخاص بك ـ الشكل ٣٩ـ٤) خاصة إذا كانت لدينا آلة حاسبة. وعند تمثيل النتائج بيانيا نحصل على شكل مشابه للشكل ٣٩ـ٣ . هذا الشكل يسمى المنحنى الأُسي للنمو exponential growth curve لأنه يعكس نمو عدد مرفوعا إلى أس وهو (rt).

والآن قد تشعر أننا لم نجعل حساب التوفير الخاص بك ينمو بسرعة كبيرة. ولكن بدلا من مائة دولار دعنا نسمح لمائة فرد بالنمو بنفس نسبة الأرباح المركبة (وهي ٠,٠٦ في السنة) لمدة ٤٠٠ سنة. (هذه القيمة أعلى بكثير من القيمة الحالية للعالم وهي ٠,٠١٧ ولكنها غير مستعصية على التحقيق. ففي عام ١٩٧١ كادت الكويت أن تصل إلى هذه النسبة حيث كانت قيمة r هي ٠,٠٥٩). عند نهاية السنة الأولى يكون هناك ١٠٦ نسمة فقط. وبعد عشر سنوات لايكون هناك سوى ١٨٢ نسمة فقط ولكن بعد مائة سنة يكون التعداد قد ارتفع إلى ٤٠٠٠٠ نسمة وفي نهاية القرن التالي يكون التعداد أكثر من ١٦ مليون فرد. وبنهاية القرن الثالث يصل العدد إلى ستة بلايين. وأخيرا وبعد مرور ٤٠٠ سنة يفوق التعداد ٢ تريليون شخص (٢,٦ × ١٠^١٢). هذا هو مايؤدي اليه النمو الأسي.

في هذا المثال استغرق الوصول إلى أعداد مذهلة من الناس عدة مئات من السنين ولكن ذلك سببه أننا بطيئو التكاثر نسبيا . بكتريا القولون. *E. coli* ، التي تضاعف وزنها وتنقسم كل ٢٠ دقيقة، تستطيع أن تغطى سطح الأرض بالكامل في غضون أيام قليلة اذا لم تجد ما يوقف تكاثرها. وعلى ذلك، فانه سواء كانت الكائنات سريعة أو بطيئة التكاثر فان لهم جميعا القدرة النظرية على زيادة أعدادهم حتى أقصى الحدود التي تسمح بها بيئاتهم.

ولكن هل تستمر العشائر فعلا في مواصلة هذا النمو الأسي بهذه الصورة؟ يأتي الجواب في جزئين: (أ) نعم، أحيانا. والوقت الحالي هو أحد هذه الأحيان بالنسبة للعشيرة البشرية، كما ترى في الشكل ٣٩ـ١ . ولكن (ب) لفترة محدودة فقط وليس إلى ما لانهاية مطلقا. ماذا يحدث اذن لوضع نهاية للنمو الأسي للعشائر؟

٣٩ـ٣ . العوامل غير المعتمدة على الكثافة لكبح نمو العشائر DENSITY - INDEPENDENT CHECKS ON POPULATION GROWTH

غالبا ماتعمل الأهواء المتقلبة للظروف الطبيعية على كبح الزيادة السكانية . فالجفاف ودرجات الحرارة المتجمدة والفيضانات وحرائق الغابات والانهيارات الأرضية وما إلى ذلك ، كلها تعمل في هذا الاتجاه . وعادة لاتكبح هذه العوامل استمرار الزيادة السكانية وانما تسبب أعداد هائلة من الوفيات تنقص أعداد السكان إلى مادون مستوياتها السابقة . فمثلا ، بداية الجو المتجمد في الخريف تؤدى إلى نقص ضخم في عشائر عدد كبير من أنواع الحشرات . هذه العوامل توصف بأنها غير معتمدة على الكثافة لأنها تمارس تأثيرها بصرف النظر عن حجم السكان وقت وقوع الكارثة .

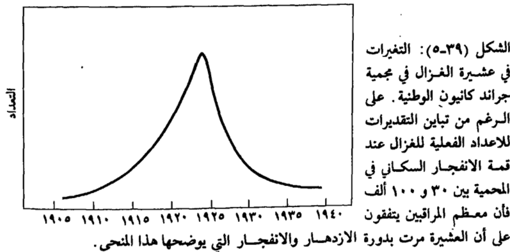
٣٩ـ٤ . العوامل المعتمدة على الكثافة لكبح نمو العشائر DENSITY-DEPENDENT CHECKS ON POPULATION GROWTH

التنافس على الغذاء COMPETITION FOR FOOD

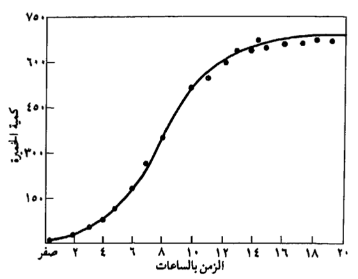
في صيف عام ١٩٨٠ هاجمت أسراب ضخمة من فراشات الغجر *(Porthetria dis-par)* معظم شرق ولاية ماساشوستس . وكما هو الحال عادة مع الحشرات قشرية الجناح lepidoptera ، فإن الشهية الكبيرة لليرقانات هي التي تسبب مشاكل . يرقانات الفراشة الغجرية تفضِّل أوراق البلوط ولكنها يمكن أن تلتهم أي نبات (حتى الأيفى السام) إذا لم تجد غذاءها المفضل . وبحلول منتصف الصيف كان تكوين الشرانق قد إكتمل وتزاوجت الحشرات البالغة ووضعت الأناث كتل البيض (كل كتلة تحتوي على عدة مئات من البيض) على كل شجرة تقريبا في المنطقة . في أوائل عام ١٩٨١ فقست الفراشات الصغيرة التي تكونت في كتل البيض وبدأت في التهام الغذاء . وكانت النتائج فظيعة . ففي خلال ٧٢ ساعة كانت شجرة الزان التي يبلغ ارتفاعها ٥٠ قدم أو شجرة الصنوبر الأبيض التي يصل ارتفاعها ٢٥ قدم تصبح خالية تماما من الأوراق . وقد أخذت مساحات شاسعة من الغابة مظهر منتصف الشتاء (فيما عدا الحشائش والأعشاب التي تغطى قاع الغابة) . كانت الاصابة شديدة لدرجة أن الأشجار في

مساحات ضخمة فقدت كل أوراقها تماما قبل أن تكمل الفراشات تطورها. وكانت نتيجة ذلك هي وفاه أعداد هائلة من هذه الحيوانات. لم تنجح سوى أعداد قليلة في إكمال التحول. هنا إذن مثال واضح لتأثير التنافس على مصدر محدود ـ وهو الغذاء في هذه الحالة ـ سببه الانخفاض الحاد في أعداد العشيرة. ومن الواضح أن هذا التأثير يعتمد على كثافة السكان. لقد سمحت الكثافة السكانية الأقل في الصيف السابق لمعظم الحيوانات بأكمال دورة حياتها.

ظاهرة مماثلة تتضح من الشكل ٣٩ـ٥. هذا الرسم البياني يوضح صعود وهبوط أعداد الغزلان مابين عام ١٩٠٧ وعام ١٩٣٩ في محمية جراند كانيون الوطنية بولاية اريزونـا. فقبل عام ١٩٠٧ كانت عشائر الغزلان مستقرة نسبيا ولكنها في هذا العام أخذت تتزايد بطريقة أسية. مازال هناك جدال حول الأسباب التي أدت إلى ذلك ولكن ربـما كان من المهم أنـه في خلال هذه الفترة بدأ برنامج لمكافحة الحيوانات المفترسة والمنافسة فعند بدء إنشاء المحمية تم إستبعاد آلاف من الأغنام والماشية ـ التي تنافس الغزلان على الغذاء ـ منها. ومابين عامي ١٩٠٧، ١٩٣٩ تم قتل ٣٠ ذئب، ٨١٦ أسد أمريكي، ٨٦٣ وشق، ٧٣٨٨ ضبع. وبحلول عام ١٩١٨ كانت عشائر الغزال قد قضت على المرعى حتى انه في عام ١٩٢٤ لم يعد هناك غذاء يكفى لكل العشائر في الشتاء حتى ماتت الالاف من الغزلان جوعا في الشتاء الذي تلاه. وعلى الرغم من أن قتل الحيوانات المفترسة إستمر حتى ١٩٣٩ فان عشيرة الغزال لم تفق من هذا السقوط. ربما كان الرعى الجائر قد أدى إلى تدهور المراعي لدرجة أن نقص الغذاء أصبح هو العامل المحدد لنمو العشيرة.



الشكل (٣٩ـ٥): التغيرات في عشـيرة الغـزال في محمية جراند كانيون الوطنية. على الـرغم من تباين التقديرات للاعداد الفعلية للغزال عند قمـة الانفجـار السكـاني في المحمية بين ٣٠ و ١٠٠ ألف فأن معـظم المراقبين يتفقون على أن العشيرة مرت بدورة الازدهـار والانفجـار التي يوضحها هذا المنحى.



الشكل (٣٩-٦): نمو عشيرة من الخميرة في مزرعة هذا النوع من منحنى النمو غالبا يسمى منحنى سيجما أو شكل حرف S.

عشائر أخرى كثيرة، وخاصة عشائر القوارض، تمر بانتظام بمثل هذه المراحل من الصعود والهبوط. من أشهر الأمثلة على ذلك الهجرات الدورية لحيوان اللاموس lem-ming والتي تميز كل منها نهاية مرحلة من النمو الأسي. نتيجة ثانية محتملة للنمو الأسي مبينة في الشكل ٣٩-٦. هذا المنحنى يوضح نمو عشيرة من خلايا الخميرة تعيش في دورق بالمعمل. بعد فترة من النمو الأسي يبدأ حجم العشيرة في الثبات عند مستوي معين وسرعان ما يصل إلى حالة استقرار.

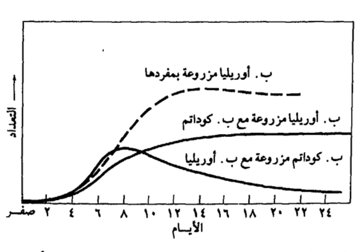
ماذا حدث؟ يمكن العثور على اجابة إذا أضفنا إلى الدورق كمية جديدة من الوسط الغذائي. عندها يبدأ النمو الاسي مرة أخرى حتى يصل إلى هضبة جديدة أعلى. من الواضح أن معدل نمو هذه العشيرة يتدني كلما اقتربت كثافة العشيرة من قيمة حرجة. ربما ارتفع معدل الوفيات، ربما انخفض معدل المواليد، وربما كلاهما في أي من الحالتين أو في كلتيهما معا فان قيمة r تتدنى. عندما تكون r = صفر فان dt/dn = صفر وتتوقف العشيرة عن النمو. حينئذ يقال أن الخميرة قد وصلت إلى النمو الصفري للعشيرة zero population growth (ZPG).

لماذا يرتفع معدل الوفاة في عشيرة مزدحمة من الخميرة؟ أحد الاحتمالات الواضحة هو المجاعة كلما إستهلك السكر الموجود في الوسط الغذائي. إحتمال آخر هو أن خلايا الخميرة تسمم بعضها البعض بما تفرزه من نفايات الأيض. وهذا هو ما يحدث بالفعل في هذه الحالة فالنفاية الاساسية للأيض في الخميرة هي الايثانول وعندما يصل تركيزه

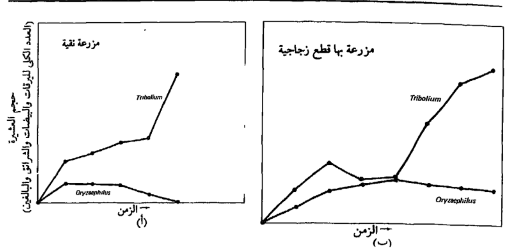
١٢-١٤٪ تموت الخميرة. هنا إذن تأثيران، التنافس على الغذاء وتلويث البيئة. يوقفان نمو العشيرة. في كل الحالات الثلاث كانت المنافسة بين أفراد من نفس النوع، أي أنها كانت داخل النوع intraspecific.

يمكن كذلك تحديد نمو العشيرة بمنافسة بين نوعية interspecific أي منافسة بين أفراد من نوعين أو أكثر تحاول إستغلال نفس المصدر. من أوائل التجارب التي أجريت لتوضيح ذلك هي الدراسة المعملية التي قام بها العالم الروسي ج. ف. جاوس فقد درس حجم العشائر لنوعين من الباراميسيوم فعندما زرع كل منهما على حدة مع إضافة غذاء جديد بصورة منتظمة نمت العشيرة أسِّيا في البداية ثم توقفت عن النمو عند حد معين. ومع ذلك عند زراعة النوعين معا كان الباراميسيوم كوداتم هو المنافس الأضعف فبعد فترة وجيزة من النمو الأسي بدأت عشيرته في الاضمحلال وأخيرا إنتهت تماما. عشيرة النوع الثاني (باراميسيوم أوريليا) وصلت إلى هضبة ولكن طالما كان باراميسيوم كوداتم موجود فان هذه الهضبة تكون أقل بكثير من الكثافة التي تصل اليها العشيرة حينما تنمو منفردة (الشكل ٣٩-٧).

ربما كانت النتائج المبينة هنا للتنافس بين الأنواع غير منطبقة تماما على المجتمعات الطبيعية. فعادة تضم المجتمعات الطبيعية أنـواع أكثر بكثير بينها درجات متفاوتة من التنافس. يضاف إلى ذلك أن وجود الطفيليات والكائنات المفترسة في هذه المجتمعات



الشكل (٣٩-٧): تأثير التنافس بين الأنواع على حجم العشيرة عند زراعة ب. أوريليا و ب. كوداتم معا فأن عشيرة ب. أوريليا تفشل في الوصول إلى نفس المستوي العالي الذي تصل اليه اذا زرعت بمفردها (المنحنيان العلوي والاوسط) وعند زراعة ب. كوداتم في مزرعة مختلطة فان أعدادها تزيد لفترة ولكنها تعود الى التناقص في مواجهة التنافس من ب. أوريليا حتى تموت في النهاية. (مبني على بيانات ج. ف. جاوس: الصراع من أجل البقاء ويليامز، ويلكنز - بالتيمور ١٩٤٣).



الشكل ٣٩ـ٨ : التنافس بين أنواع خنافس الدقيق التي تربى على دقيق نقي (أ) والتي تربى على دقيق به قطع من انابيب زجاجية (ب). كل مزرعة بدأت بأربع خنافس بالغة من كل نوع في الوسط النقي كان اوريزيفايلس المنافس الاقل فاعلية والذي مات في النهاية (ا). ومع ذلك ففي وجود قطع من الانابيب الزجاجية تكفي ليرقات أوريزيفايلس لتكوين شرانق بداخلها (القطر الداخلي = ١مم) ولا تكفي لدخول يرقات ترابوليم تمكنت العشيرتان من العيش معا الى مالانهاية (ب). (بيانات مأخوذة من ا. س. كرومبي : مجلة بيئة الحيوان، ١٦ : ١٤٤، ١٩٤٧).

يحد من نمو عشائر الأنواع الأكثر والأقل نجاحا. كما أن بيئة معظم العشائر الطبيعية تكون أكثر تعقيدا بكثير من دورق المزرعة. ففي البيئة المعقدة قد يكون النوع الأكثر نجاحا في التنافس في بقعة معينة أقل نجاحا في التنافس في بقعة أخرى وعلى ذلك، فان المنافس الأقل فعالية في عشيرة طبيعية قد لايتم القضاء عليه بالكامل (الشكل ٣٩ـ٨) وفي هذه الحالة فان الأنتخاب الطبيعي يعمل لصالح أي تغيرات تطورية تقلل من درجة التنافس بين النوعين وتكون النتيجة هي إنتخاب مُوجه لذلك يمكن دراسة التنافس بين الأنواع من زاويتين: المؤثرات البيئية التي تعمل لفترة زمنية قصيرة نسبيا والمؤثرات التطورية التي تحدث على مدى أزمنة أطول. وسوف نعود إلى الأهمية التطورية للتنافس بين الأنواع في الباب التالي (القسم ٤٠ـ٦).

التنافس التكاثري REPRODUCTIVE COMPETITION

يعتمد حجم (r) على معدل المواليد كما يعتمد على معدل الوفيات. ومن المحتمل أن إنتاج خلايا خميرة جديدة يتناقص كلما إزدادت المزرعة إزدحاما وكلما نقص إمداد الغذاء وعلى ذلك فان معدل المواليد المتناقص يلحق بمعدل الوفيات المتزايد للوصول إلى النمو

الصفري للعشيرة. ولكن هل الوسيلة الوحيدة لكبح الطاقة التكاثرية لنوع ماهي بتحديد الغذاء والاحتياجات الأساسية الأخرى له؟ ربما لا.

نحن نعرف أن البشر يخططون عن عمد لتحديد النسل ولكن هل يحدث سلوك مناظر لذلك في الأنواع الأخرى من الحيوانات؟ ربما كان ذلك. تحت الظروف المعملية تبين أن أحد أنواع الديدان المفلطحة ينتج أعدادا أقل من صغاره كلما زاد عدد البالغين في الوعاء. هذه الظاهرة والتي قد يسببها إفراز مادة مثبطة في الماء تحدث حتى مع وجود وفرة من الغذاء، والأوكسجين والماء. ذبابات الفاكهة التي تعيش في تزاحم تضع بيضا أقل. فئران التجارب التي تعيش في حيز محدود سرعان ما تصل إلى حجم ثابت للعشيرة على الرغم من وفرة الغذاء. يحدث ذلك نتيجة للأرتفاع الحاد في وفيات الصغار فالعناية القليلة من الأمهات وحتى أكل الصغار يطيح بالكثير من المواليد.

ناقشنا في الباب السابع عشر عدد من الطرق التي يلجأ الآدميون إليها للحد من حجم أفراد الأسرة باستخدام التقنيات الحديثة. في مجتمعات الرفاهية بصفة عامة يتم تجنب أي محاولات متعمدة لكبح الزيادة السكانية. ولكن ذلك لم يكن دائما كذلك فاهمال الأمهات ـ أحياناً غير مقصود وأحياناً عن عمد ـ بل وحتى قتل الأطفال في بعض الأوقات وفي بعض الأماكن كانا من العوامل الهامة المؤثرة على الزيادة السكانية (أنظر مقالة Langer عن العوامل المحددة للزيادة السكانية في آخر هذا الباب).

أسلوب بديل لتحديد عدد النسل لكل أب هو تحديد عدد الآباء. بعض الثدييات والطيور تحقق ذلك عن طريق تخصيص مساحات للتناسل فكل زوج يحتل مساحة تكفي لسد كل إحتياجاته بما في ذلك إحتياجات ذريته. يدافع أحد الأبوين أو كلاهما عن هذه المساحة ضد الدخلاء من أفراد نفس النوع. وبذلك فإنهما لا يضمنان فقط أن المصادر التي يعتمدان عليها لن يتم تجاوزها ولكنهما أيضا يحافظان على حجم العشيرة بمنع التزاوج بين الأفراد الزائدين عن الحاجة. الإمتناع عن الزواج، وهي ظاهرة مماثلة تكون أكثر إنتشاراً في المجتمعات التي تمر بأوقات صعبة (كما يدلل على ذلك لانجر في مقالته).

بصفة عامة فان المجتمعات المنظمة باحكام تكبح الزيادة السكانية فيها بانقاص معدل المواليد وليس بالإستسلام لمعدلات مرتفعة من الوفيات. على الرغم من وجود

الكثير من الشغالات في خلية النحل بما يكفي لأداء كل الأعمال في الخلية فإن الملكة هي التي تكون لها أعضاء تناسلية فعّالة. ويكون معدل وضعها للبيض متناسب مع الحاجات الكلية للخلية. وكلما أدى سوء الجو أو الازهار الضعيف إلى نقص الغذاء الوارد إلى الخلية فانها تضع بيضا أقل. وفي أواخر الصيف يتوقف تماما وضعها للبيض وبذلك تتجنب ضرورة استخدام الغذاء المختزن لموسم الشتاء في تربية الصغار.

للأعراف الاجتماعية بين البشر أيضا تاثير ملحوظ على معدلات المواليد. وهذه الأعراف تشمل المواقف من السن المناسب للزواج وأفضل حجم للأسرة. لسوء الحظ فان الأعراف الأجتماعية ـ والوسائل الحديثة لتحديد النسل التي قد تكملها ـ يكون لها أعلى تأثير بين أقل الناس احتياجاً لها. في الأقطار الأكثر فقراً في العالم تكون القاعدة هي الزواج المبكر والرغبة في انجاب أعداد كبيرة وعدم القدرة على الاستفادة من وسائل تحديد النسل.

الهجـــرة MIGRATION

في بداية مناقشتنا لديناميكية العشائر إتفقنا على إغفال تأثيرات الهجرة على حجم العشيرة ولكن الهجرة غالبا ماتكون عامل رئيسي يعتمد على الكثافة في إنقاص حجم العشيرة. فكلما إزداد حجم العشيرة هاجر الكثير من افرادها. وقد سبق أن ذكرنا هجرة فئران الاموس. والكثير من الحشرات يستجيب بنفس الطريقة فمثلا أسراب الجراد الصحراوي (أنظر الشكل ٣٩ـ٩) هى استجابة لكثافات سكانية عالية.

الافتراس والتطفـل PREDATION AND PARASITISM

تكون جهود الحيوانات المفترسة والطفيليات لتلبية إحتياجاتهم الخاصة عوامل هامة معتمدة على الكثافة في تحديد حجم الكثير من العشائر فكلما زادت عشيرة الفرائس كلما كان في مقـدور الحيوانات المفترسة إصطيادها بسهولة أكبر. كذلك تكون الطفيليات أقدر على العبور من فرد إلى فرد كلما زادت كثافة عشيرة العائل. وليس من المصادفة أنه خلال معظم التاريخ البشري كانت الهجرة المستمرة من الريف هي التي تحافظ على أعداد السكان في مدن العالم. ولم تتمكن المدن من تجنب الهبوط الحاد المتكرر في أعداد سكانها بسبب الأوبئة إلا بعد إدخال النظافة والتطعيم وغيرها من وسائل المحافظة على الصحة العامة (تذكر ما حدث لسكان سينا siena أثناء الموت العظيم في القرن الرابع



الشكل ٣٩ـ٩ : وباء من الجراد في الجزائر (الصورة لجين مانويل).

عشر ـ أنظر القسم ٣٣ـ٨) . فالأوبئة ، سواء كانت في عشائر بشرية أو غيرها ، هي مثال قوي لأحد العوامل المعتمدة على الكثافة لكبح الزيادة السكانية عن طريق زيادة معدل الوفيات . أمثلة أخرى لتأثير الأفتراس والتطفل على حجم العشائر سوف تجدها في البابين الأربعين والحادي والأربعين .

٣٩ـ٥ . طاقة تحمل البيئة

THE CARRYING CAPACITY OF THE ENVIRONMENT

معادلة النمو الأسي والمنحنى الناتج منها نجحا جزئيا فقط في وصف الزيادة السكانية دعنا الآن نحاول إدخال بعض التحسينات عليها .

كلما زادت الكثافة السكانية في مزرعة الخميرة تناقص معدل الزيادة السكانية حتى وصل أخيرا إلى الصفر، وقد أرجعنا ذلك إلى نقص الغذاء وتراكم النفايات السامة بعبارة أخرى، فان الظروف المعينة في المزرعة كانت تمثل بيئة لاتستطيع إستعياب عشيرة تزيد عن قيمة محددة سوف نسمى هذه القيمة K وهي طاقة تحمل البيئة .

عندما تكون العشيرة أقل بكثير من K فان نموها يكون أسِّيا ولكن كلما إقتربت

العشيرة من K فأنها تبدأ في مجابهة مقاومة بيئية متزايدة. دعنا نستخدم الاصطلاح K-N/K «كمعامل تحقيق النمو» أي المعامل الذي يمثل الدرجة التي تستطيع العشيرة عندها بالفعل أن تحقق أعلى معدل زيادة ممكن لها. وعند إدخال هذا المعامل في المعادلة الأصلية للنمو الأسي نحصل على:

$$\frac{dN}{dt} = rN\left(\frac{K - N}{K}\right).$$

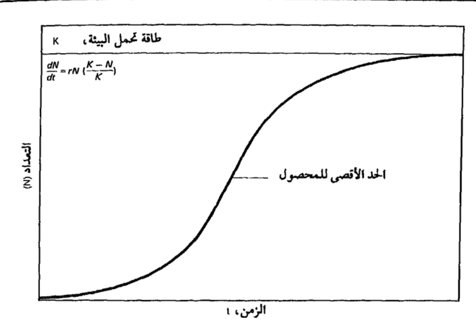
ماذا تقول لنا هذه المعادلة؟ إذا كان حجم عشيرة معينة (N) أقل بكثير من طاقة تحمل البيئة (K) فإن معامل تحقيق النمو سيكون قريب من أو يساوي ١ وسوف تنمو العشيرة. نمو أسي. ومع ذلك فكلما بدأت N في الاقتراب من K أخذ معامل تحقيق النمو في الاقتراب من الصفر وينخفض معدل نمو العشيرة إلى الصفر.

$$\frac{dN}{dt} = O = \text{“ZPG”}$$

وعند تمثيل نمو العشيرة بيانياً ابتداءاً بمعامل تحقيق نمو مقداره ١ وحتى معامل نمو مقداره صفر فاننا نحصل على منحنى يشبه المبين في الشكل ٣٩-٦ والشكل ٣٩-١٠. هذا المنحنى يسمى منحنى النمو المنطقي logistic growth curve أو منحنى النمو على شكل حرف S.

منحنى النمو لعشيرة الغزال في محمية جراند كانيون الوطنية لم يكن منطقيا (أنظر الشكل ٣٩-٥) فقد زادت العشيرة كثيرا عن طاقة تحمل البيئة ولكن ماذا يمكن أن تقول لنا معادلة النمو المنطقي إذا ما حدث وزادت N كما في هذه الحالة عن K سوف يصبح معامل تحقق النمو سالبا وكذلك يصبح معدل نمو العشيرة سالبا. ومن المؤكد أن ذلك حدث بالفعل.

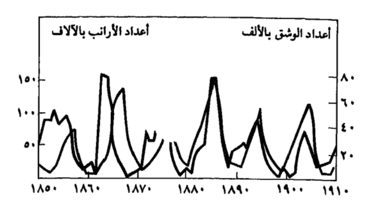
لقد إستعملنا K لتمثيل قدرة البيئة على تحمل عشيرة ما. من الواضح أن الكثير من العوامل تساهم في تحديد قيمة K. من المؤكد أن وفرة الغذاء هي من أهم هذه العوامل، ولكن عوامل أساسية أخرى (مثل وفرة الأماكن الصالحة للعيش) قد تتدخل في ذلك. تتحدد قيمة K كذلك بالتنافس بين الأنواع، بوجود أنواع أخرى تتنافس على نفس المصادر.



الشكل ٣٩-١٠ : المنحنى المنطقي للزيادة. قارن هذا المنحنى مع منحنى النمو لعشيرة الخميرة في الشكل ٣٩-٦ . يمكن حصد عشيرة بأكبر درجة ممكنة عندما تكون نامية بأعلى سرعة . يحدث ذلك عندما يكون حجم العشيرة = K/2.

كلما زادت كثافة العشيرة لنوع ما، كلما زادت قيمة K للحيوانات المفترسة والطفيليات. ويصبح المجال مهيأ لزيادة الأفتراس أو التطفل على النوع الذي يلعب دور الفريسة. وقد ينجم عن ذلك فائض من أفراد عشيرة الفرائس. ولكن الأكثر إحتمالا هو زيادة كفاءة الأفتراس و/أو التطفل بحيث تدفع عشيرة الفرائس مرة أخرى إلى أقل من قيمة K الخاصة بها. ولكن مع هذا النقص في قيمة K لعشيرة الفرائس فان قيمة K لعشيرة الحيوانات المفترسة تقل ولابد أن تتناقص هذه العشيرة تبعا لذلك. وتكون النتيجة هي التقلب الدوري لكلتا العشيرتين. قد يكون هناك شيء من التفاوت في هذه النوبات بحيث لا تتقلب عشائر الفرائس والحيوانات المفترسة فقط ولكن الأوقات التي تصل فيها عشائر النوعين إلى أكبر أحجامها لاتتطابق دائما. الشكل ٣٩-١١ يوضح العلاقة الدورية بين عشيرتي الأرنب القطبي snowshoe rabbit والحيوان المفترس الرئيسي له وهو الوشق lynx (بعدد الجلود المعروضة للبيع في المراكز التجارية) في المنطقة المحيطة بخليج هدسون في كندا.

وبينما تحيد العشائر في الواقع عن منحنى النمو المنطقي النظري فان هذا المنحنى

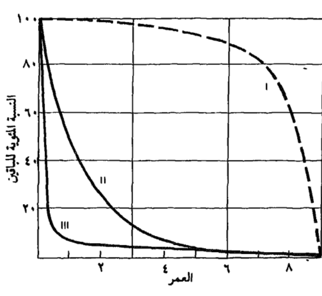


الشكل ٣٩-١١ : التقلبات الدورية في عشائر الأرانب والوشق في منطقة خليج هدسون بين عامي ١٨٥٠ و ١٩١٠ كان حجم عشيرة الوشق معتمدا تماما على حجم عشيرة الفريسة وهي الأرانب العوامل التي تسبب مرور عشيرة الأرانب بهذه الدورات من الأزدهار والأنفجار غير مفهومة تماما ولكن التغير في درجة افتراس الوشق لها ربما لم يكن من العوامل الرئيسية.

يمكن أن يمدنا بمفاهيم قيمة عن أفضل السبل للتحكم في الأنواع الأخرى.

تخيل مثلا أنك هوجمت بآفة الفئران المنزلية. منحنى النمو المنطقي يقول لنا أنك لن تستطيع أبدا أن تحل المشكلة بنصب الفخاخ للفئران، مهما كان عدد هذه الفخاخ فان قيمة r للفئران تكون عالية ربما (٠,٠١٤٧ في اليوم) بحيث تتكاثر أسرع كثيراً مما يمكنك الإيقاع بها. الذي يمكنك عمله هنا هو منع الفئران من الوصول إلى أي غذاء داخل وحول المنزل. مع الإنخفاض الحاد في قيمة K فان العشيرة لابد أن تضمحل. عكس هذه المشكلة هي مشكلة كيفية المحافظة على الأنواع المهددة بالإنقراض. الحل الذي يتبادر إلى الأذهان عادة هو تحريم صيد هذه الأنواع. ولكن توقف الصيد لن يكون له تأثير يذكر إذا ما إختفت البيئة التي تعتمد عليها الأنواع - (K) سواء كانت مستنقعات أو غابات أو غيرها - تحت مكان إنتظار السيارات المخصص لأحد مراكز التسويق.

في السنوات الأخيرة أحدثت الطرق عالية الكفاءة للصيد في المحيطات نقصاً كبيراً في الكميات التي يتم إصطيادها من أنواع عديدة. ويبدو أن الصيد كان مكثفاً لدرجة أن العشائر لم تتمكن من المحافظة على نفسها. منحنى النمو المنطقي يقدم لنا هدفاً نسعى إليه في إدارة المصايد هو الصيد فقط بالمعدل الذي يحفظ العشيرة السمكية عند K/2. لماذا لأن هذا هو حجم العشيرة التي تتكاثر عنده العشيرة بأسرع ما يمكن (الشكل



الشكل ٣٩-١٢ : المنحنيات النظرية للبقاء. المحور الرأسي يمثل عدد الأفراد الباقين عند كل عمر (المحور الأفقي) النوع I من المنحنيات يميز الكائنات المعمرة ولكن بدون وفيات عشوائية قبل ذلك فرص الوفاه تكون متساوية في كل الأعمار عند الكائنات التي يمثلها المنحنى III أتباع استراتيجية K عادة يكون لهم منحنى بقاء بين I , II. النوع III يميز الكائنات التي تنتج أعداد هائلة من الذرية مصحوبة بمعدلات عالية لوفيات الصغار الكثير من أتباع استراتيجية K لهم هذا المنحنى للبقاء.

٣٩ - ١٢) القيمة Maximum sustainable Yield K/2.

٣٩-٦ إستراتيجيات r وإستراتيجيات k — r STRATEGIES AND K STRATEGIES

منذ عدة سنوات قمت بحرث جزء من حقل قديم ثم تركته بدون زرع ليرتاح. في الموسم الأول نما فيه محصول غني من الزربيح. الزربيح نبات مهيأ تماماً لإستغلال البيئة بسرعة وقبل أن يستقر فيها المنافسون فهو ينمو بسرعة وينتج وفرة هائلة من البذور (بعد أن يكون قد أنتج كميات ضخمة من حبوب اللقاح التي تحملها الرياح وتسبب المتاعب للكثيرين ممن يعانون من حمى القش). لأن طريقة الزربيح في تحقيق النجاح التطورى هي بالتكاثر السريع، أي من خلال قيمة عالية لـ r ، فانها تسمى إستراتيجية r. حشائش أخرى والكثير من الحشرات والقوراض تتبع إستراتيجية r. وفي الواقع إذا إعتبرنا الكائن آفة فانه غالبا ما يتبع إستراتيجية r وبصفة عامة فإن الكائنات التي تتبع إستراتيجية r تشترك في عدد من الخصائص:

١ ـ عادة توجد في مواطن إنتقالية و/أو غير مستقرة. في الموسم الثاني بحقلي نمت

النجيليات المعمرة والنباتات الزهرية البرية بكثافة في غطاء نباتي مختلط ولم يعد هناك نبات زربيح واحد.

٢ ـ لها فترة حياة قصيرة. الفأر المنزلي الذي يبلغ الحد الأقصى لعمرة ثلاث سنوات هو ممن يتبعون إستراتيجية r.

٣ ـ عادة يكون لها زمن قصير بين الاجيال، أي يكون لها فترة حمل قصيرة وسرعان ما تصبح جاهزة لانتاج جيل جديد من الصغار. تستطيع الذبابة المنزلية إنجاب سبعة أجيال في كل سنة (بكل منها ١٢٠ من الصغار).

٤ ـ تنتج أعداد كبيرة من الذرية. المحار الامريكي بإنتاجه لمليون بيضة في الموسم الواحد يكون ممن يتبعون إسترتيجية r. معظم ذريته يموتون ولكن مجرد الحجم الضخم لذريتـه يزيد من إحتمالات نجاح بعض هذه الذرية في الانتشار إلى بيئات جديدة ملائمة.

٥ ـ لاتراعى صغارها إلا قليلا جداً. لذلك تكون وفيات الصغار ضخمة. إذا قمنا برسم منحنى البقـاء لاحد الكائنات التي تتبع إستراتيجية r فإنه سيأخذ الشكل المميز برقم III في الشكل ٣٩ـ١٢. معدلات التكاثر العالية في بلاد مثل الهند قد تكـون استجـابة للمعدلات العالية لوفيات الاطفال (أنظر مرة أخرى إلى الشكل ١٩ـ١٣).

٦ ـ حجم العشيرة يكون عرضة للتأثر بعوامل تعتمد على الكثافة أكثر مما توثر فيه العوامل التي لاتعتمد على الكثافة.

عندما يمتليء موطن بعشيرة من المخلوقات المتباينة ينافس بعضها البعض الآخر على ضرورات الحيـاة فان المخلوقـات التي تتبع إستراتيجية r تكون في موقف سيىء. هنا تكون الاهمية الاولى لكفاءة النوع في إستغلال مصادر البيئة وتكون الظروف مواتية للكائنات التي تتبع إستراتيجية K.

الأنواع التي تتبع إستراتيجية K يكون لهـا عشائر مستقـرة بالقـرب من K وبذلك لاتكون هنا مكاسب تجنى من اللجوء الـى قيمة عالية لـ r. فالنوع يكسب أكثر كلما إقترب من التأقلم مع ظروف بيئته.

الكائنـات التي تتبـع إستراتيجية K تشترك في الخصائص الآتية:

١ ــ توجد عادة في مواطن مستقرة. معظم الأنواع في غابة ناضجة تتبع إستراتيجية K.

٢ ــ تكون لها فترة عمر طويلة. شجرة البلوط والفيل والسلحفاة كلها تتبع إستراتيجية K.

٣ ــ عادة تكون لها فترة طويلة للأجيال. إنجاب طفل يستغرق تسعة أشهر عند البشر.

٤ ــ تنتج أعداد قليلة من الذرية. زرياب أدغال فلوريدا بما له من ذرية قليلة وقواعد صارمة تحدد مساحة معينة لكل زوج، لهو من أتباع إستراتيجية K.

٥ ــ تعتني كثيرا بذريتها. وتميل وفيات الصغار إلى الانخفاض. إذا رسمنا منحنى البقاء لأتباع إستراتيجية K فانها عادة ماتكون بين المنحنى من النوع الاول Type I (حيث يموت معظم الأفراد من تقدم السن) ومن النوع الثاني Type II (حيث تكون كل الأعمار معرضة بالتساوي للقتل بأخطاء عشوائية).

٦ ــ أنتج التطور في أتباع إستراتيجية K ملاءمة أكبر بين الكائن وبيئته وغالبا ما يتطور أتباع إستراتيجية K بطريقة تجعل لهم كفاءة متزايدة باستمرار في إستغلال شريحة متناقصة بإستمرار من البيئة. الفراشة التي لها أجزاء فم طولها **٢٥** سم والتي تستطيع أن تتغذى فقط من زهرة الأوركيد التي يوجد فيها الرحيق على عمق **٢٥** سم لهى من أتباع إستراتيجية K.

٧ ــ حجم العشيرة عادة ما تحدده عوامل تعتمد على الكثافة مثل الافتراس، التطفل، التنافس بين الأنواع والتنافس بين أفراد النوع.

٣٩ـ٧. في الختام IN CONCLUSION

الأبواب الثلاثة التالية سوف نخصصها لدراسة بعض العوامل المعتمدة على الكثافة للتحكم في حجم العشائر. في الباب ٤٠ سندرس بعض الطرق التي تتفاعل بها الكائنات مع بعضها البعض وسوف نجد أن الكائنات في تنافسها على نفس مصادر البيئة فانها تعمل على اختزال طاقة تحمل البيئة (K) لبعضها البعض. فاذا كان أحد الأنواع يفترس أو يتطفل على نوع آخر، فان هذا النوع قد يقلل حجم عشيرة الفريسة إلى ما دون K الخاصة به. وفي ذلك تخفيض لقيمة K له نفسه. حجم العشيرة الذي يأمل الوشق في تحقيقه يكون محدودا بنفس القدر (وربما أكثر) بالحجم المتغير لعشيرة الأرنب تماما كما أن حجم عشيرة الأرانب يكون محدودا بالوشق (الشكل **٣٩ـ١١**).

في البابين الأخيرين سوف نعود إلى عشيرة الانسان . سوف ندرس الدور الذي لعبه التطفل (في الباب ٤١) والتنافس على الغذاء (في الباب ٤٢) في وضع العشيرة الانسانية على أكثر الأجزاء إنحداراً من منحنى النمو الأُسى وحيث أن معدلات النمو الأُسي لايمكن أن تدوم إلى مالانهاية فان هذا الجزء المنحدر لابد وأن يُظهر مع الزمن ما إذا كان مجرد جزء من منحنى منـطقي أو المنحنى الذي يصف دورة الازدهار والانفجار (الشكل ٣٩ـ٥) للزيادة السكانية . دعنا نرجو مخلصين أن يكون الأول وليس الثاني .

ملخص الباب CHAPTER SUMMARY

معدل الزيادة الطبيعية (r) لعشيرة يساوي معـدل المواليـد (b) ناقص معدل الوفيات (d) عندمـا تكـون b أكبر من d تنمو العشائر أُسياً. لأي فترة زمنية تكون العشيرة الجديدة = العشيرة الحالية + (r. العشيرة الحالية).

تنمـو العشـيرة الانسـانية في الوقت الحالي أُسياً. وهذا يعكس النقص في معدل الوفيات (d) بدون نقص في معدل المواليد يعوضه في الكثير من البلدان.

هذه المبـاديء تنطبق بنفس القدر على الأنواع الأخرى. يعمل عدد من العوامل المختلفة على توقف نمو العشائر. العوامل غير المعتمدة على الكثافة تؤدي دورها بصرف النظر عن حجم العشيرة. الكوارث الطبيعية مثل البراكين والجفاف وحرائق الغابات لاتعتمد على الكثافة في كبح نمو العشائر.

عوامل كبح نمو العشائر التي تعتمد على الكثافة تمارس دورها بشدة كلما زاد حجم العشيرة. التنافس على الغذاء، التنافس على الأزواج وأماكن بناء العش وما إلى ذلك، الهجرة، الافتراس والتطفل كلها تعمل على كبح نمو العشيرة بطريقة تعتمد على الكثافة.

عندما يهبط حجم العشيرة إلى مادون الحجم الذي تتحمله البيئة فأن العشيرة قد تبدأ في الزيادة أُسياً. وكلما قاربت العشيرة طاقة تحمل البيئة فان معدل الزيادة يأخذ في التراجع. في الظروف النموذجية، يكون الرسم البياني لنمو هذه العشيرة على شكل حرف S.

الأنواع المهيأة للنمو الأنفجاري للعشائر حينما تسمح بذلك الظروف تسمى أتباع إستراتيجية r. مثل هذه الأنواع تكون معرضة لمعدلات وفاة عالية وعادة تمر عشائرها بدورات متكررة من الإزدهار والانفجار.

الأنواع المتأقلمة مع ظروف بيئية مستقرة تسمى أتباع إستراتيجية K وهي تتميز بأن عشائرها تبقي مستقرة نسبيا وقريبة من قيمة k وهي طاقة تحمل البيئة لها.

تمارين ومسائل EXERCISES AND PROBLEMS

١ ــ قدر تعداد نيكاراجوا في عام ١٩٨٢ بحوالي ٢,٦ مليون نسمة وكان معدل المواليد هو ٤٧/ ١٠٠٠. ما هي قيمة r (في السنة)؟ ما هي الزيادة التقريبية في عدد السكان في عام ١٩٨٣؟ وعند هذه المعدلات ما هو تعداد نيكاراجوا في عام ٢٠٠٠؟

٢ ــ إذا كان رصيدك في البنك يأتيك بأرباح مركبة مستمرة سنوية بنسبة ٣٪ فكم عدد السنين اللازمة لمضاعفة نقودك؟ كم عدد هذه السنين إذا كانت النسبة ٧٪؟

٣ ــ معدل المواليد الحالي في السويد هو ١٢/ ١٠٠٠ ومعدل الوفيات ١١/ ١٠٠٠ عند هذه المعدلات كم عدد السنين اللازمة لمضاعفة السكان؟

٤ ــ معدل المواليد الحالي في ليبيا هو ٤٧/ ١٠٠٠ ومعدل الوفيات ١٣/ ١٠٠٠ إذا إستمرت هذه المعدلات فكم عدد السنين اللازمة لمضاعفة السكان؟

٥ ــ كان تعداد الهند في عام ١٩٧٧ هو ٦٢٢,٧ مليون نسمة وكانت r هي ٠,٠٢١ (في السنة). إذا إستمر هذا المعدل فكم سيكون تعداد الهند في عام ٢٠٠٠.

٦ ــ ما هي العوامل التي تنظم معدل زيادة عشيرة من الحيوانات بدأت بزوج واحد نقل إلى بيئة جديدة؟ ما هي العوامل التي تحدد الحجم النهائي لهذه العشيرة.

المراجع REFERENCES

1. MAHLER, J., "People", Scientific American, Offprint No. 733, September, 1980. How standards of public health affect population growth.
2. LANGER, W. L. "Checks on population Growth: 1750, 1850 Scientific

American, Offprint No. 674 February, 1972. The author presents evidence that the most important of these were celibacy and infanticide.

3. EHRLICH, P. R., and ANNE H. EHRLICH Ecoscience: Population Resources Environment, Freeman, San Francisco, 1977. A well wrtitten and thoroughly documented study of these crucial issues in human ecology.
4. WILSON, E. O., and W. H. Bossert. A Primer of Populatin Biology. Sinauer Associates, Inc. Stamford, Conn., 1971. Chapter 3 includes mathematical models of the growth of populations.
5. COALE, A. J. "The History of the human population" Scientific American, September, 1974. Reprinted in the Human Population: A Scientific American Book, Freeman, San Francisco, 1974. Available in paperback.
6. MYERS, JUDITH H. and C. J. KREBS, Population Cycles in Rodents.Scientific American, Offprint No. 1974. Presents evidence that the boom and bust cycle characteristic of many rodent populations is a consequence of changes in the gene pool caused by emigration.
7. WOOLFENDN, G. E., and J. W., FITZ PATRICK, "The heritance of Territory in Group-Breeding Birds," Bioscience, 28 : 104 February, 1978.
8. KORMONDY, E., J., Concepts of Ecology, 2nd ed., Concepts of Modern Biology Series, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N. J., 1976. Chapter 6 deals with the ecology of populations.

CHAPTER 40 الباب والأربعون

التداخل بين الأنواع
INTERACTIONS BETWEEN SPECIES

CHAPTER SUMMARY	ملخص الباب
EXERCISES AND PROBLEMS	تمارين ومسائل
REFERENCES	المـــراجـــع

الباب الأربعون
التداخل بين الأنواع

٤٠-١ : مقدمة : INTRODUCTION

تتأثر حياة كل كائن بحياة الاخرين، كما أن كل كائن لابد له من مسايرة ظروف بيئته فلا بد له أيضا من مسايرة المشاكل والفرص التي تقدمها الكائنات الأخرى التي تعيش معه في جماعته (عشيرته). وتأثير بعض أجزاء البيئة الحيوية يكون مباشرا، إذ لا يمكن لبقرة أن تعيش بدون نباتات تتغذى عليها، كما لا يستطيع النمل الأبيض أن يستفيد من غذائه السليلوزي بدون مساعدة الحيوان الأولى السوطى Trichonympha الموجود داخل جهازه الهضمي (قسم ٣٤-٤).

وتعتبر بعض تأثيرات البيئة الحيوية أقل أهمية، ووضح عالم الطبيعة البريطاني الشهير داروين هذه النقطة دراماتيكياً بقوله أن عظمة إنجلترا كانت معتمدة على صبيانها، وضح ذلك بأن قوة إنجلترا إعتمدت على اسطولها البحري والذي بدورة اعتمد على قوة بحارته، وكانت قوة البحارة نابعة من تغذيتهم على اللحم البقرى والتي كانت تتغذى على البرسيم الغنى في البروتينات، تكاثر البرسيم يكون بسبب تلقيحه بالنحل المسمى (Bumble bees) والذي يفترس أعشاشة جرذان الحقل. وتحد القطط من تكاثر تلك الجرذان، وبطبيعة الحال يقوم هؤلاء البحارة بتربية تلك القطط وكما يبدو أن الجدل السابق طريفا في حد ذاته إلا أنه يوضح النقطة الدالة على أن أي تغيير في البيئة الحيوية ليس لها تأثير مباشر فحسب (قطط كثيرة = جرذان حقل أقل) بل لها تأثيرها الغير مباشر والذي يظهر بوضوح في كل الجماعة (أو العشيرة) من الكائنات الحية.

وأغلب التداخلات بين الأنواع يدخل فيها عنصر الغذاء، فالتنافس على الغذاء (لأكلة) أو تجنب أن يكون النوع نفسه قابلا للأكل، هي أهم الطرق الشائعة التي يؤثر فيهـا الأنـواع بعضهـم على بعض. وببسـاطة ربما يتنافس نوعان على نوع معين من الطعام، أو أن تكون الصلة بين مفترس وفريستة يريد فيها أحد النوعين إفتراس النوع الآخر للتغذية عليه. وتوجد حالات كثيرة يعيش فيها نوعان مرتبطان ببعضهما البعض لمدة طويلة من الـزمن، وتسمى مثل تلك العلاقة أو الأرتباط عملية تبادل منفعة أي العيش سويا (Symbiotic). في جميع حالات تبادل المنفعة فان أحد العضوين على الأقل يستفيد من تلك العلاقة وقد يضار العضو الآخر بوجود العضو الأول (تطفل Parasitism) أو قـد يستفيـد منـه (Mutualism) أو قد لا يتأثر من وجوده بتاتا (Com-mensalism) وكـل تلك الأشكـال المختلفـة من التـداخل بين الأنواع هي موضوع الدراسة في الباب الحالي.

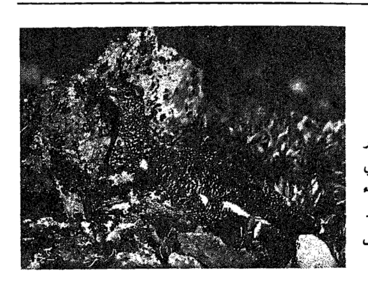
٤٠-٢ : الأفتراس PREDATION

أغلب الأنـواع شاذة التغذية توفر غذاءها بافتراس كائنات أخرى، ولو أنه توجد بعض الأستثنـاءات إلا أن معـظم المفـترسـات تكـون اكبر حجما من الفرائس التي تلتهمهـا. والعـلاقة بين المفترسات وفرائسها هي في الغالب علاقة وقتية تكفى فقط لانتهاء المفترس من إستهلاك فريسته كلها أو بعضا منها. والحيوانات التي تفترس غيرها من الحيوانـات غالبـا ما تقتلها. وعلى الوجه الآخر فمفترسات الأعشاب (كالغزلان والأرانب والحشرات) تأكـل جزءا قليلا من فريستها (النباتات). قدرة النباتات على إكثار أنفسها تضمن توافر غذاء إضافي فيما بعد.

وإذا ما إعتبرنا الدور الرئيسي الذي يلعبه الغذاء في حياة كل الحيوانات، لايجب أن تندهش للتحورات العديدة التي (أ) تزيد من فعالية عملية الأفتراس، (ب) الأقلال من مخاطرة وقوع الكائن الحي نفسه كفريسة. ولنستعرض الان بعض الأمثلة من الحيل التي تساعد صاحبها على تجنب الإفتراس.

التخفى (التلـون) CAMOUFLAGE (CRYPTIC COLOURATION)

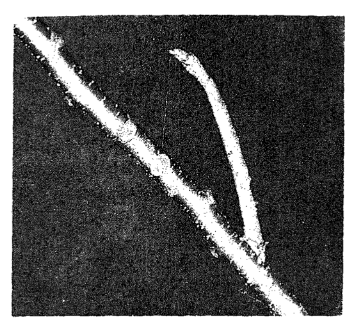
يمكن للكثير من الحيوانات التشكل بطريقة تجعلها تندمج مع الوسط المحيط بها،



شكـــل ٤٠-١ : طير بتــارميجــان الصخـرى في ريشـة الصيفي. في الشتـاء تكـون هذه الطيور بيضاء. (ليونارد لي روى III/ بروس كولمان).

فبعـض الأنـواع مثل سمك فلاوندر الشتاء (Winter flounder) يمكنها تغيير شكلها بسرعة أثناء انتقالها من وسط الى الاخر (الشكل ٣٠-٢٠). وطير بتارميجان (Ptarmi-gan) بلونه الشتوى الأبيض المبرقش ولونه الصيفي المبرقش أيضا يمكنه من أن يظل غير ظاهر للعيان بالرغم من تغيير الفصول (الشكل ٤٠-١). واكتسب الكثير من الحشرات قدرة فائقة على التخفي. ولو أن العروق الحقيقية في جناح أبي دقيق تخرج متشعبة من نقـطة إتصـالها، فان تشابه أجنحـة أبي دقـيق *Kallina* بالورقة يصل الى حد الكمال لدرجـة وجـود خط أسـود يعـبر عروق الأجنحـة ليماثـل العرق الوسطى للورقة (الشكل ٤٠-٢) ويرقة حرشفية الأجنحة العديمة الحركة والتي تشبه فرع الشجرة

شكـــل ٤٠-٢ : أبـو دقيق الورقة الميتة الجنوب أمريكيا (Kalliman) عيـنـة واحـدة (أسفـل) تستريح بأجنحتها مفـروردة تظهـر لون سطح الجناح العلوي الفاتح المظهر (الان بلانك / بروس كولمان).

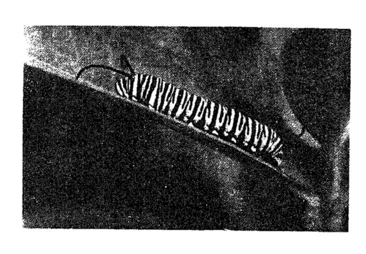


شكـل ٤٠-٣: يرقـة الأفـرع. (بـتصريـح من موريـيل ف. ويليامز).

ببراعمه (الشكل ٤٠-٣) يمكنها بذلك أن تهرب من اكتشاف الطيور لها ولكن قد يؤدي إلى أن تضع عليها حشرات أخرى بيضها عن طريق الخطأ .

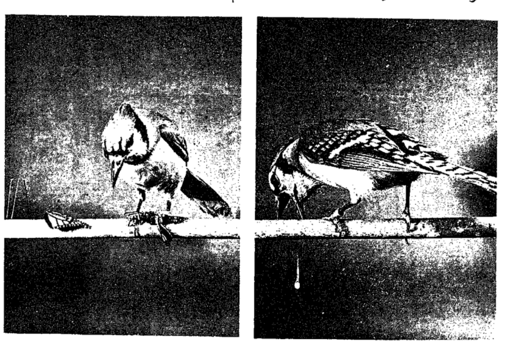
الدفـاع DEFENSE

يزود الكثير من النبـاتـات والحيوانـات بوسـائل مختلفة لحماية أنفسها من مهاجمة المفترسات. فريش الطائر (Porcupine) و غدد الرائحة في الـ (Skunk) أمثلة معروفة. وتفرز ذوات الألف رجل حمض الهيدروسيانيك السام اذا ما ضويقت. كما يوجد في الكثير من الحشرات غدد خاصة ووسائل توجيه خاصة تمكنها من رش المفترسات بمواد سامة (مثل ٨٠٪ حمض الخليك وحمض الفورميك أو النمليك ٤٠٪). والمواد السامة (أمثـال حمض الهيدروسيانيك) والأشـواك ماهي الا وسـائل دفاعية يكثر وجودها في النباتات. وما فائدة وجود سلاح دفاعي قوى بدون أن يلاحظه العدو المفترس الا بعد أن يكون قد قام بالهجوم بالفعل على من يملك هذا السلاح؟ والحل الوحيد لذلك هو تطور حدوث ألـوان التحـذير والمساة (Aposematic or Warning Coloration) ويبين الشكـل (٤٠-٤) يرقة أبى دقيق العرش (Monarch Butterfly) الظاهرة للعيان والتي لايوجد في ألوانها أية ظاهرة للتخفي، يمكنها ذلك لأنها تخزن بداخل جسمها المواد الكيميائية السامة (للفقاريات) التي تحتاج اليها من نباتات حشيشة اللبن (Milk weed)



الشكل ٤٠ ـ ٤: يرقة أبي دقيق العرش، مثال اللون الإنذار. أوراق حشيشة اللبن التي تتغذى عليها هذه البرقة تحتوي على عدة مواد سامة للفقاريات. تخزن تلك البرقة هذه المواد بداخل جسمها وبذلك تصبح غير مستساغة للمفترسات الفقارية. يسمى لون الأنذار كذلك لون Aposematic.

التي تتغذى عليها في العادة. وعلاوة على ذلك، فان البرقات تحتفظ بتلك المواد أثناء عمليات التطور وبذلك تكون حشراتها الكاملة غير مستساغة عند التغذية عليها. ولقد بين العالـم لنكولن ب. براور (Lincoln P. Brower) أنه عند تغذية طائر Blue Joy على حشرة العـرش الغير مستساغة (رديئة الطعم) هذه مرة واحدة فقط فان هذا الطائر

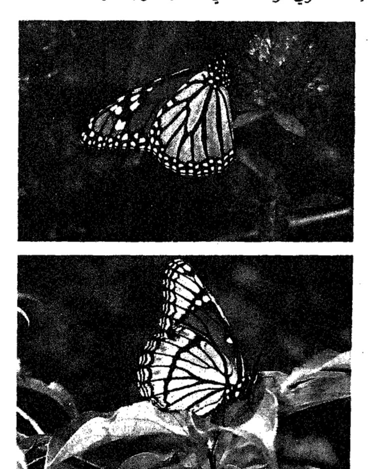


الشكل ٤٠ ـ ٥: طائر Jay الأزرق يأكل جزءا من أبي دقيق العرش والذي تغذت يرقته على حشيشة اللبن السامة. بعد فترة وجيزة، يتقيأ الطائر المذكور (يمين). بعد ذلك، يرفض هذا الطائر أكل أي أبي دقيق عرش آخر يقدم له. (بتصريح من الاستاذ لنكولن ب. براور، كلية أمهرست).

لايعيد الكـرة مرة أخرى بعد ذلك (الشكل ٤٠-٥). وعلى ذلك فان اللون الظاهر ليرقات أبى دقيق العرش يعتبر تحورا مفيدا كي يمكن مشاهدته بسهولة بواسطة هذا الطائر.

المحـــاكاة MIMICRY

اذا لم يكن الحيوان محظوظا بما فيه الكفاية بأن يكون ساما، فلم لايكون شبيها بأحد تلك الحيوانات السامة؟ تسمى هذه الظاهرة بالمحاكاة. فحشرة أبو دقيق فيكورى (Vic-cory butterfly) لاتحوي مواداً سامة في جسمها ولربما تكون لذيذة المذاق (حيث أن أحد



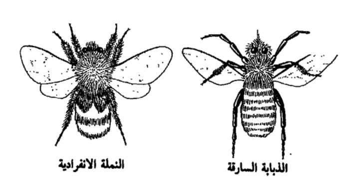
الشكل ٤٠ - ٦: أبو دقيق العرش (أعلى)، ونائب الملك (أسفل)، مثال على محاكة Batesian ينال نائب الملك القابل للالتهام حمايته من تشابهه الشديد لأبى دقيق العرش الغير مستساغ. المحاكاة (Patesium) تنجح فقط طالما أن تعداد الحشرة الحاكية (نائب الملك) يبقى أصغر من تعداد النموذج (العرش) (ر. همبرت/ جامعة استاندورد BPS).

الحشريين قد حاول بالفعل أكلها وذكر أن طعمها يشبة طعم الخبز المقدد Toast) لذلك أخذت هذه الحشرة لون جشرة أبي دقيق العرش السابق ذكرها (الشكل ٤٠-٦) والتي يخاف من تناولها الأعداء. وتحاكى الذبابة السارقة في الشكل النحلة البرية Bumble bee) المسلحة جيدا. ضد الأعداء (الشكل ٤٠-٧) وبذلك تنجو من المفترسات. ويذكر أنه بعد بلع الضفدعة لنحلة Bumble bee وما تعانيه الضفدعة من ذلك فانها لاتقرب بعد ذلك نفس النحلة ولا تقرب كذلك الذبابة السارقة. وجدير بالذكر أن الذبابة السارقة بالرغم من تشابه شكلها مع النحلة المذكورة الا أنها لم تسايرها في التطور الوراثي اذ أنها لازالت بجناحين فقط وليس بأربعة أجنحة كالنحلة وغيرها من الحشرات من رتبة غشائية الأجنحة.

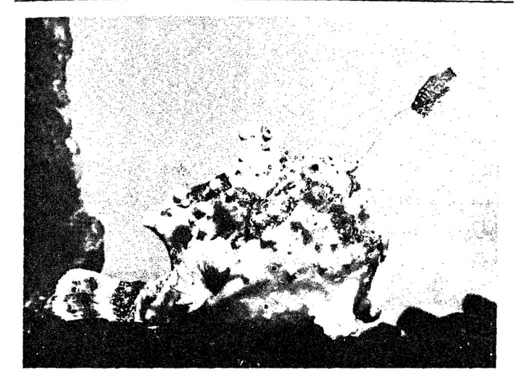
وتوجد أعداد من الثعابين الغير سامة تحاكى في الألوان ثعبان المرجان ذو اللون الزاهي حيث أن ثعبان المرجان هذا هو أشد الثعابين سمية في الولايات المتحدة الأمريكية. وكل الحالات التي تشابه فيها أنواع غير ضارة بأخرى ضارة تسمى محاكاة باتيسيان (Batesian Mimicry) نسبة إلى العالم هنري بيتس (Henry W. Bates) عالم التاريخ الطبيعي في القرن التاسع عشر والذي قام بدراسة العديد من تلك الحالات.

وتشابه بعض الحيوانات رديئة الطعم حيوانات أخرى رديئة الطعم أيضا، ويطلق على مثل هذه الحالات من المحاكاة اسم محاكاة موليريان (Mullerian Mimicry) تكريما لعالم الحيوان الألماني فريتز مولر (Fritz Muller) الذي درس تلك الظاهرة. وبطبيعة الحال فان كل نوع من تلك الحيوانات ينال الحماية الكافية من أعدائه وكذلك من أعداء النوع الآخر الذي يتشابه معه.

وتمتلك بعض آكلات اللحوم بعض الأجهزة لتحاكى بها فريسة بعض المفترسات



شكل ٤٠-٧: الذبابة السارقة الغير واخزة تشبه كثيرا البعوضة أكثر من النملة الأنفرادية.



الشكل ٤٠ ـ ٨ : المحاكاة العدوانية. سمكة السنارة (*Antennarius*) تقوم بعرض خدعة تشبه سمكة صغيرة في بيئتها. والخدعة هي نمو الشوكة الموجودة في أول زعنفة ظهرية. هذا النوع من السمك السنارة، والذي وجد في الفلبين، طول ٩,٥ سم. لاحظ استخدامة للتخفي: تركيبة وكونّة يشبهان نموات الاسفنج والطحالب على الصخور الموجودة في بيئتها. (بتصريح من ديفيد ب. جروبيكر، عن بيتس، ت. و د. ب. جروبيكر، مجلة Science ، ٢٠١-٣٦٩، ١٩٧٩).

الأخرى الأصغر حجما، وتستخدم هذه الأجهزة كطعم. مثل هذا النوع من المحاكاة يسمى محاكاة عدوانية (Aggressive Mimicry) ولقد تم لنا بالفعل اختبار الطريقة التي بها تجذب أنثى أحد أنواع ذباب النار ذكور نوع آخر ثم تأكله (انظر قسم ٣٠-١٥). ويوضح الشكل (٤٠-٨) مثلا غريبا من أمثلة المحاكاة العدوانية، فالسمك الكبير من النوع (Anglerfish) الموجود في الفلبين له شوكة طويلة محورة تخرج من الزعنفة الأمامية الظهرية وتستخدم السمكة هذه الشوكة كطعم لتمسك بها السمك الصغير الموجود في متناولها وتلتهمه بفكوكها.

السلوك الجماعي GROUP BEHAVIOR

يقلل التعاون بين أفراد نوع من الأنواع التي تعيش معيشة اجتماعية (Social) في الغالب من حدة الأفتراس. فحيوانات الجاموس البرى التي ترعى العشب تكون منظمة

بحيث تكون الحيوانات الأقوى حول أفراد القطيع من الخارج والحيوانات الضعيفة من الـداخل. وبمراقبة القطيع عند الرعى (أو مجموعة من الطيور عند تغذيتها) يمكن ملاحظة أن بعض أفراد القطيع المخصصة للمراقبة تكون مستعدة لأنذار القطيع عند اقتـراب الخـطر. ويوجـد نوع من السمك يسمى سميلت (Smelt) يفرز نوعين من الفيرومون في الماء. إذا ما هدده أي عدو يعمل هذا الفيرومون على انذار بقية السرب. وإذا ما لدغت نحلة العسل عدوا فانها تفرز في مكان اللدغ مادة أيزوأمايل أسيتيت (Isoamyl acetate) والتي تعمل على تهيج عددا آخر من النحل الذي يأتي طائرا لمشاركة النحلة المذكورة في هجومها هذا.

وقد تكون الأستجابة للخطر على شكل الطيران أو التجمع في شكل كتلة متراصة (الشكل ٤٠ـ٩) ولا تهاجم المفترسات عادة الأفراد الموجودة وسط مجموعة الفريسة حتى لا تتعـرض للضرر إذا ما فعلت ذلـك. وعمـوما فان عملية الأفتراس لمجموعة من الحيوانات الأجتماعية قد تكون موجهة دائما إلى مهاجمة الأفراد الضعيفة (الصغيرة أو الكبيرة السن أو المريضة).

الأستجابات للهـروب ESCAPE RESPONSES

ان التوازن بين الفريسة والمفترس لهي علاقة حساسة وتنظم نفسها بنفسها فزيادة أعداد الفريسة تسمح بزيادة أعداد المفترس. وينتج عن ازدياد الأفتراس الأقلال من



الشكل ٤٠ ـ ٩: سلوك الدفاع الجماعي عند التهديد، تكون ثيران القناع دائرة مع وجود الصغار والاناث في الوسط. (بتصريح من تد جرانت مجلس الفيلم الوطني الكندي، فوتوتيك).

أعداد الفريسة ويتبعه الأقلال من أعداد المفترسات ويفتح هذا بطبيعة الحال الطريق لزيادة الفريسة، وهكذا يستمر الوضع على هذا الحال.

ومن المهم لكل من المفترسات وفرائسها ألا تكون الزيادة أو القلة في أعدادها زائدة عن الحد والا فستندثر أعداد الفرائس ويتبعه كذلك إندثار أعداد المفترسات الا إذا توفر غذاء بديل لتلك المفترسات، قد يكون هذا من المستحيلات إذا ماكانت المفترسات تشغل منطقة محدودة. ففي بيئة محدودة مثل مستنقع صغير من المياة العذبة يكون اندثار أعداد المفترسات وفرائسها محتوما.

ونحن لانعرف بعد الكثير عن كيفية تدارك الخطر في مثل هذه الأحوال ولكنه تم معرفة نوع من هذا التدارك الميكانيكي منذ عهد قريب في الولايات المتحدة الأمريكية. ففي شرق الولايات المتحدة تمتلىء في الغالب بحيرات المياه العذبة بسمك البعوض والمعروف بسمك الجامبوزيا (Gambusia) والذي يتغذى على يرقات البعوض (وبذلك فهو يؤدي خدمة جليلة لنا). والجامبوزيا بدوره يفترسه نوع آخر من المفترسات -Pic) (kerel السريعة العوم والشرهة. ولا يتخفى سمك البعوض في الأعشاب الموجودة تحت الماء ولكنه إذا ما شاهد بيكيريل أثناء عملها وهي جوعانة يمكن لسمك الجاموزيا هذا تفادي الأفتراس بالبيكيريل بأعجوبة ميكانيكية لحماية نفسه، إذ عندئذ يصعد سمك الجامبوزيا إلى سطح الماء ويبدأ طرطشتة. وطالما تستمر هذه الطرطشة لايحاول البكيريل الهجوم، وان حاول فغالبا ما يفشل في افتراس الجامبوزيا، والأشارة المعطاةللجامبوزيا هي اشارة كيميائية، إذ عندما أضيفت مياه كان بها البكيريل إلى حوض به الجامبوزيا فان تلك الأسماك سرعان ماتقوم بالحركات السابق ذكرها كاستجابة للدفاع عن نفسها.

ولم يفهم حتى الان سبب فشل البكيريل عندما تكون فريسته وهي الجامبوزيا على السطح ولكن قيمة هذه الميكانيكية واضحة تماما، إذ بهذا الفشل في افناء تعداد الجامبوزيا يحتفظ البيكيريل كذلك في نفس الوقت بعدم فناء تعدادة هو. لذلك نرى أن البيكريل يحصد فقط المحصول الزائد من أسماك الجامبوزيا وبهذا يبقى تعداد البيكيريل والجامبوزيا دائما في حالة توازن وواضح كذلك كيف يعمل الأنتخاب الطبيعي على الابقاء على هذه الأستجابة في الجامبوزيا، إذ أن الأفراد الموجودة في تعداد الجامبوزيا والتي تفشل في الاستجابة لعوامل حفظ نفسها من البيكيريل بالطريقة

الميكانيكية السابق ذكرها (لوجود عامل جيني وراثي) فهي التي تؤكل وتختفي داخل حلق البيكيريل.

التطفـــل PARASITISM

الطفيل هو كائن يعيش على أو داخل جسم آخر (العائل) ليحصل من أنسجته على غذائه ومسببا له في نفس الوقت بعض الضرر. والتمييز بين الطفيليات والمفترسات أحيانات لايكون واضحا. فالقراد والعلق الطبي ملتصقان دائما بأجسام عوائلها لفترة وجيزة تمتص خلالها الدم، تعتبر تلك الحالة والتي فيها يرعى (أو يتغذى) الكائن الأصغر والأضعف على كائن اكبر وأقوى احدى حالات الأفتراس (Predation) أما في حالات الديدان الخطافية (Hookworms) فالعلاقة بينها وبين عائلها علاقة تستغرق وقتا طويلا، لذلك تعتبر هذه الحالة احدى حالات التطفل (Parasitism).

ومن المحتمل عدم وجود أي كائن على هذه الأرض لم يحدث عليه تطفل في وقت من أوقات حياته. فالحيوانات متطفل عليها بالبكتيريا والفطر والفيروس والحيوانات الأولية (البروتوزوا) والديدان المفلطحة (الديدان الشريطية والديدان الكبدية) والنيماتودا والحشرات (البراغيث والقمل) والعنكبوتيات (الحلم). والنباتات أيضا يتطفل عليها النيماتودا والفطر والبكتيريا والفيروسات ونباتات أخرى قليلة. وحتى الأحياء الدقيقة نفسها لها طفيليات، فالأميبات على سبيل المثال قد تحوى أجسامها البكتيريا وتحوى أجسام البكتيريا فيروسات.

وتضر الطفيليات عوائلها بطريقتين رئيسيتين، الأولى باستهلاك أنسجتها كما تفعل الديدان الخطافية والأميبا المتطفلة وجراثيم الملاريا، وبعض الطفيليات لا تستهلك الكثير من المواد من أجسام عوائلها وبذلك لا تضرها كثيرا من هذه الناحية ولكن أثناء ذلك تفرز الطفيليات موادا سامة (توكسينات) تسمم العائل. والبكتيريا المسببة للتيتانوس والدفتيريا والحمى القرمزية تعتبر بكتيريا خطيرة لهذا السبب. فسم التيتانوس يعوق نقل التفاعلات العصبية عند تقابل نهايات أعصاب الجهاز العصبي المركزي، ويؤثر سم الدفتيريا على مراكز صنع البروتين في الخلايا.

وبطبيعة الحال فان أغلب طفيليات الأمعاء تنافس عائلها على الغذاء الذي يتناوله

العائل، وإذا ما كان هذا الغذاء غير كاف فيكون لقلة الغذاء اللازمة للطفيل عندئذ عواقب وخيمة، لربما تكون المنافسة على فيتامين أو أحماض أمينية معينة أخطر من المنافسة على السعرات الحرارية.

ولو أنه توجد حالات استثنائية، فإن الطفيل عادة لا يقتل العائل وحتى يمكنه ذلك، فان الطفيل قد يحرم نفسه من بعض الوجبات التي يحصل عليها من عائله، ولعمل ذلك فان الطفيل يحصل على الغذاء الكافي له من أنسجة عائله بدون الأضرار بالعائل. ويقال أن الطفيل يعيش على دخل العائل بينما يعيش المفترس على رأس مال العائل.

لذلك فالتطفل، مثل الأفتراس، علاقة ذات اتجاهين، فهي نتيجة تطور الملاءمة لكل من العائل والطفيل، يؤيد ذلك أن كل نوع من الطفيليات يقتصر تطفله على عائل واحد فقط أو على عدد قليل من العوائل. والتخصص المحدود جدا لبعض الطفيليات بسبب ظروف عوائلها وبسبب قدرة العائل على تحمل وجود تلك الطفيليات لهو دليل آخر لتاريخ طويل من الملاءمة المشتركة.

ويمكن ايضاح أهمية الملاءمة المشتركة بين العائل والطفيل إذا ما نجح طفيل في دخول جسم عائل ما دخولا عرضيا. فيرقات الديدان الشريطية والديدان الخطافية والديدان الكبدية والتي عائلها الطبيعي هو بعض الفقاريات غير الأنسان، فلربما تصيبنا أيضا أحيانا عن طريق الخطأ. وعند حدوث ذلك، فان تلك الديدان تهاجر داخليا في الجسم وتسبب أضرارا بالغة أثناء هجرتها الداخلية هذه، وتبدو هجرتها الداخلية وكأنها تبحث عن الظروف الطبيعية لحياتها. والركتسيا المسببة لمرض الحمى المبقعة لجبال الروكى والفيروس المسبب لمرض الحمى الصفراء مثلان من أمثلة التطفل الموجودة في الحيوانات المعتبرة كمخزن "Reservoir" (مثل القوارض والقردة) وهي لا تسبب أضرارا تذكر لتلك الحيوانات الحاملة لها. أما عن دخول الركتسيا وفيروس الحمى الصفراء أجسام الأنسان فلذلك قصة أخرى.

ويطلق على الطفيليات بأنها كائنات متدهورة، هذا صحيح بعض الشيء إذ أنه أثناء تحورها لأغراض التطفل وهي في أماكنها المحدودة فان تلك الطفيليات تفقد الصفات الرئيسية اللازمة لها لكى تعيش معيشة حرة. وفقد تلك الصفات أو الأعضاء والتي

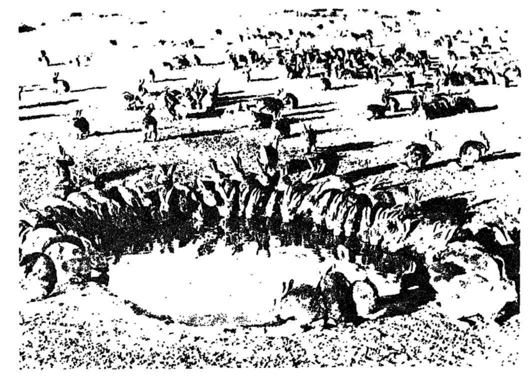
أصبح وجودها الآن غير ذي فائدة يعتبر في حد ذاته كسبا لكفاءة الطفيل مما يزيد من امكـانية تخصصه. فالدودة الشريطية ليس لها أعين أو قناة هضمية ولكن بها أجهزة عصبية واخـراجية عضلية مضمحلة، لكن ما فائـدة كل تلك الأجهزة داخل أمعاء الأنسـان؟ ولكن من جهـة أخـرى فان لتلك الـدودة الشريطية رأسـا وجدار جسم (كيوتيكل) منيع ضد الأنزيمات الهضمية وجهاز تناسلي ذو كفاءة عالية وشكلا لا يضع أمامها أي عقبة تهددها أو تضرها لوجودها داخل الأمعاء.

وفقـد ان الـتركيبات العديمة الفائدة هي من صفات جميع الطفيليات. فالنبات المتطفل المسمى (Rafflesia) والموجود في الملايو ليست له جذور أو سيقان أو أوراق بل له أنابيب تخترق أنسجة عائله وله واحدة من اكبر الأزهار المعروفة حجما (٣-٥ أقدام في القطر). وهذا التركيز على أعضاء التكاثر موجود أيضا في الحيوان (Sacculina) والذي يتطفل على سرطان البحر، ويتكون الحيوان البالغ من انتفاخ (Sac) يحتوي على أعضاء التناسل ولا يمكن التعرف على اسم هذا الحيوان الا عن طريق طوره اليرقي وبأنه يتبع القشريات.

وربما تمثل الفيروسات أقصى درجات التدهور، إذ أنها خالية من النظام الأنزيمي اللازم للحياة الحرة. وتتكون أغلب الفيروسات من: (١) جينات كافية لأصدار الأوامر لخلية العـائـل عن كيفية صنـع فيروسـات أخرى كثيرة (٢) غلاف بروتيني لمساعدة الفيروس على غزو عائلة.

والمواءمات (Adaptations) التطورية المشتركة للطفيل والعائل قد تقود إلى حالة تجعل فيهـا الـطفيل أقل ضررا لعائلة وفي نفس الوقت تجعل العائل اكثر مناعة للتأثيرات الضارة لهذا الطفيل، يوجد مثال على ذلك في استراليا.

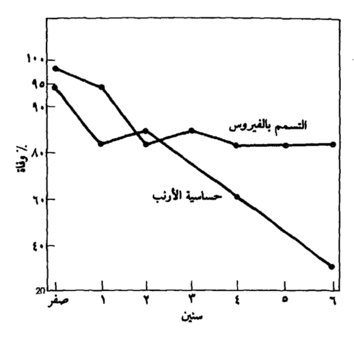
ففي عام ١٨٥٩، أدخل الأرنب الأوروبي إلى استراليا لأجل الأغراض الرياضية وتكاثر هذا النوع من الأرانب بكثرة في وطن ليس له فيه مفترسات (الشكل ٤٠-١٠) وقاست عملية تربية الأغنام (وهي مستوردة أيضا) من قلة نباتات الرعى بسبب كثرة الأرانب التي نافستها في هذا المرعى، أصبح الموقف معقدا حتى عام ١٩٥٠ حيث تم اصـابة الأرانب بشـدة بفيروس الميكزوما (Myxoma) الذي تم احضارة من البرازيل ونشره، تسبب ادخال هذا الفيروس في موت نحو ٥, ٩٩٪ من تعداد الأرانب. وازدهر



شكل ٤٠ ـ ١٠: الارانب في استراليا. بازالة كل النباتات الخضراء التي تمدها بالماء وبالغذاء، لابد للارانب من شرب الماء من بركة (مستنقع). (بتصريح من دنستون، عن بلاك ستار).

نمـو العشب الأخضر ثانية وتـوفـرت أماكن رعى الأغنام. ومع ذلك فلم تتم ابادة الأرانب رغما من وجود الوباء، فاستعادت الأرانب أعدادها ثانية ولكن بمقدار ٢٠٪ من أعدادها الأولى في عام ١٩٥٠، الان أصبحت الأرانب اكثر مناعة للمرض عما كانت عليه عام ١٩٥٠. وفي كل مرة يصطاد المسئولون أرانب صغيرة برية يتم حقنها بسلالة معملية من الفيروس (عزلت في عام ١٩٥١) ثم يطلقونها ثانية، ونسبة الوفاة في تلك الأرانب عموما أقل مما كانت عليه من قبل (الشكل ٤٠-١١).

وبينما تسمى العلاقة بين الأرانب والفيروس علاقة تطفل، فهل ستبقى تلك العلاقة دائما هكذا؟ ربما. ولكن يوجد دليل على نتيجة التاريخ الطويل للتطور المشترك بين العائل والطفيل والذي يؤدى إلى وضع يفقد فيه الطفيل فعاليته في امكانية احداثه لأية أضرار لعائله. والكثير من البكتيريا التي تعيش في حلقنا وقناتنا الهضمية لاتحدث أية أضرار، يطلق على مثل تلك العلاقة التي يكون وجود هذه الطفيليات (البكتيريا) مفيدا ولا يسبب ضررا للانسان اسم معايشة مشتركة (Commensalism) ولكن إذا ما حدث



شكل ٤٠ ـ ١١: التغيرات التطورية في تسمم فيروس الميكزوما Myxoma وحساسية الارنب الاوروبي للفيروس في السنوات التي تلت ادخال (عام ١٩٥٠) الفيروس الى استراليا. يقاس تسمم الفيروس بتقدير نسبة الموت في ارانب المعمل عند اصابتهم بالفيروس المعزول كل سنة من تعداد الارانب البرية وحساسية تعداد الارانب البرية كان يقاس بتقدير نسبة موت الأرانب الصغيرة البرية عند اصابتها عمدا بسلالة من الفيروس معزولة بعد وقت قصير من الوباء الاول و حفظها بعد ذلك في المعمل. (اعيد رسم الشكل باذن من سير ماكفارلين بورنت، د. و. هوايت، التاريخ الطبيعي للأمراض المعدية، الطبعة الرابعة، مطبعة جامعة كمبردج ١٩٧٢).

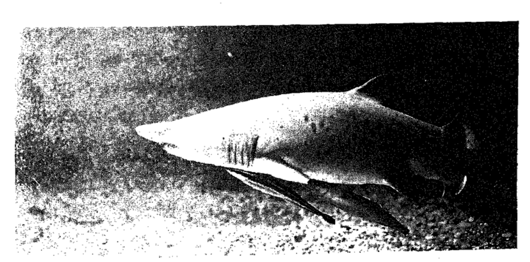
شيء، مثل هبوط الأستجابة المناعية والتي تساعد تلك الكائنات (البكتيريا) على أن تسود أي يكون لها اليد العليا، عندئذ تنقلب ظاهرة المعايشة المشتركة إلى ظاهرة تطفل ثانية Parasitism .

والذي يبدأ كتطفل ربما يؤدي إلى وضع يستفيد منه الطفيل والعائل، تسمى مثل تلك العلاقة الجديدة التي يستفيّد منها كلا الطرفين بتبادل المنفعة (Mutualism) واكتشف العالم ك. و. جيون (K. W. Jeon) عام ١٩٦٦م بيئة من الأميبات والتي لوثت بالبكتيريا (٦٠,٠٠٠ ـ ١٥٠,٠٠٠ لكل خلية) وأثرت اصابة الأميبا بالبكتيريا تأثيرا عكسيا إذ بدأ معدل تكاثرها (أي الأميبا) في النمو ببطء وأصبحت هشة، بعد خمسة سنوات مازالت البكتيريا موجودة ولكن لم تشاهد أية ظواهر مرضية على الأميبا، والأغرب من ذلك فان الأميبا أو على الأقل نواتها ـ أصبحت معتمدة على البكتيريا. وبما

أنه أصبح الان من السهل فصل نواة من حيوان أميبي وزرعها ثانية مع نواة أخرى، فقد حدث عند نقل نواة من أميبا مصابة وزرعت مع نواة في أميبا غير مصابة كانت النتائج طيبة ولكن عند زرع نواة مأخوذة من أميبا مصابة في سيتوبلازم أميبا غير مصابة (بعد نزع نواتها) ماتت الأميبا الأخيرة.

٤٠-٤ : المعيشة المشتركة COMMENSALISM

المعيشة المشتركة (Commensalism) معناها الجلوس سويا على مائدة واحدة وتستخدم عند وصف العلاقة المنفعية التي يستهلك فيها كائن الغذاء الغير مستعمل أو الذي لا يتناولة الكائن الاخر. فالعلاقة الموجودة بين الريمورا (Remora) وسمك القرش مثال واضح على ذلك. فالزعنفة الظهرية للريمورا محورة إلى عضو التصاق يمكن الريموار من الألتصاق المؤقت بجسم سمك القرش (الشكل ٤٠-١٢). ولا يبدو أن هذه العملية تضايق القرش كما أنها لاتجعله يحاول افتراس الريمورا، عندما يتغذى القرش تضع الريمورا نفسها في وضع تستطيع منه تناول ما يسقط من القرش. وتوجد أنواع خاصة من البارناكلز (Barnacles) موجودة على فكوك الحيتان لتنظيفها مما يعلق بها من الغذاء، كما توجد أنواع أخرى من البارناكلز تعيش معيشة مشتركة مع البارناكلز الأخرى الموجودة على فكوك الحيتان.



الشكل ٤٠-١٢: سمكة القرش نمر الرمل ملتصقا بها سمكتان ريموراس (Remoras) وجود الريموراس يبدو انه غير مريح لسمكة القرش وهما يستفيدان من كحت الطعام المتروك بدون التهام من العائل. (بتصريح من جمعية نيويورك لعلم الحيوان).

وكثير من أنواع البكتيريا التي تعيش داخل الأمعاء الغليظة في الأنسان يمكن وصف وجودها بأنه معيشة مشتركة ، فهي تتغذى على المواد الغذائية الغير مهضومة ولا تسبب أية أضرار للأنسان . وفي حقيقة الأمر، فالتجارب المستفادة من تربية حيوانات معملية خالية من الجراثيم تظهر لنا بأن بعض هذه البكتيريا على الأقل والتي تعيش في أمعائنا تفيد عائلها . فحيوانات التجارب الخالية من الجراثيم (الفئران مثلا) كانت غير طبيعية من عدة نواح وأصبح الان طبيعيا حقن تلك الحيوانات تلقائيا بعدة أنواع من الكائنات الدقيقة حتى تنمو الحيوانات طبيعيا . وبدون شك فان العلاقة بين تلك الأحياء الدقيقة وعوائلها من الحيوانات هي نوع من المعيشة المشتركة إلى حد ما .

٤٠-٥ : تبادل المنفعة MUTUALISM

ان العلاقة المشتركة التي يستفيد منها كل نوع تسمى تبادل منفعة (الكثير من علماء الأحياء يفضلون تعبير Symbiosis فقط على تلك العلاقة) . وتوجد الطحالب دائما نامية داخـل الأفـراد شاذة التغـذيـة (Heterotrophic) فالحيوان الأولى الهـدبي براميسيوم بورسـاريا *(Paramecium bursaria)* يأوى بداخـل جسمة الطحالب الخضراء وحيدة الخلية (الشكل ٤٠-١٣) ويمد الطحلب عائله بالغذاء ويستفيد الطحلب من عائله بالحصول على ثاني أكسيد الكربون والذي يمكن أن يحملة العائل إلى الأماكن التي يتوفر فيها الضوء الكافي . ويمكن تربية البراميسيوم والطحلب كلا على انفراد ولكن عندئذ يجب إمـداد الـبراميسيوم بغـذاء اضافي، عند وضعهما ثانية مع بعضهما البعض فان البراميسيوم يبلع الطحلب ويحتفظ به في فراغات داخل جسمه . وكثير من الأحياء المائية الأخـرى التي تتغـذى على أغـذية مختلفـة مثـل بعض الأسفنجيات وأنيمون البحر والبلاناريات والكلامات تحوى أيضا طحالب داخل خلاياها .

وعلاقة تبادل المنفعة بين النباتات والفطر كثيرة ، فالفطر يغزو ويعيش داخل أو بين خلايا قشرة الجذور الثانوية للنبات . والعلاقة بين الفطر والجذر تسمى الجذر فطريات "Mycorrhiza" والعديد من التجارب أثبتت بوضوح أن وجود فطريات الميكوريزا يزيد بكثـير من كفـاءة امتصاص النبات العائل للمعادن من التربة ، كما أن بعض الجذر فطريات تفـرز مضادات حيوية (Antibiotics) قد تساعد على حماية عائلها من الغزو بالفطريات المتطفلة والبكتيريا .



شكل ٤٠ـ١٣: تبادل المنفعة الداخلية. الحيوان الاولى *Paramecium bursaria* ، الذي يأوى طحالب خضراء وحيدة الخلية (البيضاوية الغامقة) بداخلة. تمد الطحالب العائل بغذائه. وكلا الكائنين يمكن تربيتهما بعيدا عن بعضهما البعض، ولكن البراميسوم لابد من ان يعطي غذاء اضافيا وعند احضارهما سويا ثانيا، يبتلع البراميسيوم الطحالب وتحتويها في فراغات غذائية. وكثير من الكائنات المائية عديدة التغذية، مثل الاسفنجيات، البيتاريات، الكلامز، تأوى أيضا طحالب بداخل خلاياها. (×ـ ١٢,٠٠٠، بتصريح من ستيفان كاركاشيان).

ولقد تم توضيح ميزة هذه العلاقة للفطر، إذ أن الأخير يحصل على غذائة من السكريات التي يخزنها النبات في جذورة. وفي الحقيقة، فان الجذر فطريات قد تنشيء صلة للعناصر الغذائية بين أنواع النباتات فالنبات الهندي عديم اللون وشاذ التغذية والمسمى (Indian pipe) (الشكل ٤٠-١٤) يوفر غذاءه من الفطر المتصل بجذور نباتات أخرى ذاتية التغذية مثل الصنوبر (Pine) أو التنوب الفضى (Spruce) واستخدام الكربون المشع على أشجار التنوب الفضى (Spruce) انتهى بظهوره في النبات (In-dian pipe) حتى ولو كانت أشجار التنوب الفضى نامية على مسافات بعيدة نسبيا على أرض الغابة.

والكثير من أنواع عيش الغراب والتي نراها نامية على أرض الغابات ما هي الا



شكل ٤٠ ـ ١٤ : البيسة الهندية نبات زهري ينقصه الكلوروفيل، يأخذ غذاءه عن طريق فطر ميكوريزي، والذي يصل جذوره لجذور أنواع تحتوي على كلوروفيل مثل شجرة سبروس أو صنوبر (بتصريح من ج. و. تومسون)

الأجسام المكونة للجراثيم في فطريات الميكوريزا. ويوجد الكمأ (Truffle) دائما في غابات أشجار البلوط إذ أن هذا الفطر الذي ينتج هذا الكمأ ينشي اتصالة الميكوريزي على جذور أشجار البلوط.

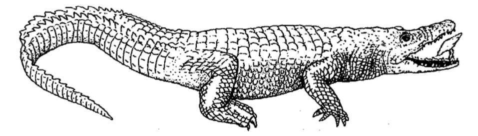
وتحتاج علاقات تبادل المنفعة دائما لتغييرات في التركيب والوظيفة وحتى في السلوك لمواءمة تلك العلاقة وذلك من جانب كلا النوعين. فبعض أنواع النمل توفر غذاءها بتنمية حدائق من فطر خاص في أعشاشها الموجودة تحت سطح الأرض (الشكل ٤٠ـ١٥). ويتغذى الفطر المذكور من أوراق يجمعها النمل ويحضرها إلى تحت سطح الأرض ويمضغها حتى تصبح تلك الأوراق عجينة مغذية للفطر. والحقيقة في عدم وجود هذا الفطر الا في حدائق النمل تدل على وجود ملاءمة فسيولوجية تساعد هذا الفطر على النمو بنجاح. وسلوك النمل بدون شك موجه لتوفير صلة تبادل المنفعة هذه، فوق ذلك فتوجد صفة خاصة موجودة في النمل تساعد على ايجاد هذه الصلة ألا وهي وجود جيب في رأس الملكة تستنشق فيه الملكة بعضا من الفطر قبل تركها العش بعيدا للبدء في بناء عش أو مستعمرة جديدة منفصلة. والشكل (٤٠ـ١٦) يوضح مثلا آخر لأحد أنواع علاقة تبادل المنفعة والتي تتركز على وجود تكيفات سلوكية خاصة.



شكل ٤٠ ـ ١٥: نملة *Mycetosoritis hartmanii* **تتغذى على حديقة فطرها. الخيوط البيضاء المحيطة بالنملة هي الفطر النامي على بقايا اوراق حصدتها النملة ووضعتها في حديقتها. (بتصريح من جون س. موزر، مصلحة الغابات الامريكية)**

تثبيت النيتروجين التكافلي SYMBIOTIC NITROGEN FIXATION

بالنسبة إلى النظام الاقتصادي الكلي للمجال الأحيائي فان أهم الأمثلة على تبادل المنفعة هي التي نشأت بين بكتيريا التربة من جنس ريزوبيام *(Rhizobium)* وبين عوائلها من المحاصيل البقولية. ولو أن كل كائن منهما (البكتيريا والمحاصيل البقولية) يستطيع الحياة مستقلا عن الآخر (شريطة توفير المواد النيتروجينية اللازمة للبقوليات في التربة)، فان نموهما سويا لهو نافع لكليهما، إذ مع بعضهما البعض فقط يحدث تثبيت النيتروجين. ويتم تثبيت جزء هام اليوم من النيتروجين على الأرض بسبب وجود تبادل المنفعة بين الريزوبيا والبقوليات. ونظرا لأهمية تثبيت النيتروجين عن طريق تبادل المنفعة

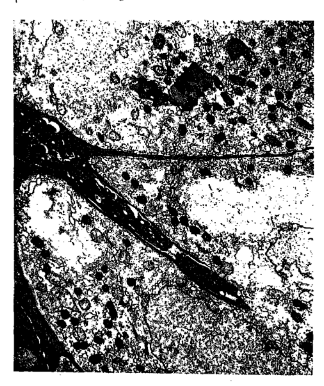


شكل ٤٠ ـ ١٦: تبادل المنفعة بالتنظيف. يفتح تمساح النيل فمه ويسمح للطائر المصري (Plover) بالتغذية على اي ديدان ملتصقة بلثة فمه. تبادل المنفعة بالتنظيف كثير الحدوث في الاسماك.

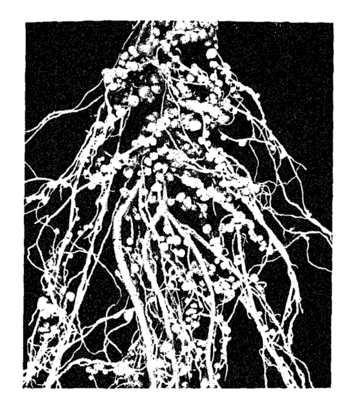
هـذه ، فلقـد درست تلك العملية بامعان . ولنختبر الآن بعض الظـواهر الرئيسية لتلـك الطريقة .

فالـريزوبيا بكتـيريا عصـوية (Bacili) سالبـة لصبغـة جرام وتعيش حرة في التربة (وخاصة في التربة التي كانت منزرعة بالبقوليات من قبل) . وعلى أية حال فطالما كانت البكتيريا موجودة في التربة بمفردها فانها لا تستطيع تثبيت النيتروجين ، ولكنها يمكنها أن تبدأ في تثبيت هذا النيتروجين إذا ما أمكنها غزو جذور النبات البقولي المناسب .

ويعتبر غزو جذور البقوليات بالريزوبيا بأنه اصابة ، لكنها اصابة تختلف ، فجذور البقوليات تفرز في التربة مادة تجذب اليها الريزوبيا ، وبمجرد دخول البكتيريا خلية من خلايا بشرة الجذر فانها تهاجـر إلى قشـرة (Cortex) الجذر وتحدث هجرة البكتيريا داخل قنـاة داخلية تنمـو بداخل احدى خلايا القشرة ومنها إلى داخل خلية أخرى وهكذا (الشكل ٤٠ـ١٧) . ويطلـق على هذه القنـاة اسم خيط الأصابة (Infection thread) والتي تكـونها بالفعـل خلايا الجـذر وليست البكتـيريا وتتكون فقط نتيجة الأستجابة للأصابة . وعند وصول قناة خيط الأصابة إلى خلية عميقة في قشرة الجذر فانها تنفجر وتنتشر البكتيريا داخل الخلية الأخيرة . ويتسبب وجود البكتيريا في جعل الخلية تقوم



شكـل ٤٠ ـ ١٧ : اصابة مملوءة بخيط الريزوبيا نامية داخـل خليـة (من الجهة اليسرى العلويـة الى اليمين المنخفض) . لاحظ كيف ان جدار خيط الاصابة مستمرة مع جدار الخليـة . وبمجرد انـفـجـار الخـيط ، تخرج الـريـزوبيـا مبـاشرة الى سيتوبلازم الخلية (اجسام بيضاويـة غامقة) . (صورة اليكترونية دقيقة بتصريح من د . س . جوردان) .



شكل ٤٠ ـ ١٨: عقد على جذور نبات برسيم قدم الطيور، نبات بقولي (بتصريح من شركة نيتراجين، ميلواكسي، وسكنس).

بعدة انقسامات غير مباشرة ـ ولكن بدون انقسام في الخلية نفسها ـ وبذلك تصبح الخلية عديدة الكروموسومات (Polyploid) ثم تنقسم الخلية بعد ذلك بسرعة مكونة بطبيعة الحال عقدة (Nodule) (الشكل ٤٠ـ١٨)، المنبه لكل هذه التغيرات ربما يكون سببه إفراز السيتوكينات (Cytokinins) (انظر قسم ٢٦ـ٨) بواسطة الريزوبيا.

وتمر الريزوبيا كذلك في سلسلة من التكاثر السريع داخل خلية العقدة (Nodule) ثم تبدأ التغيير في الشكل وتفقد القدرة على الحركة، تسمى عندئذ بالبكتيرويدات (Bacteroids) والتي تملأ عندئذ خلية العقدة (الشكل ٤٠ـ١٩). وعند هذا الوقت فقط تبدأ عملية تثبيت النيتروجين.

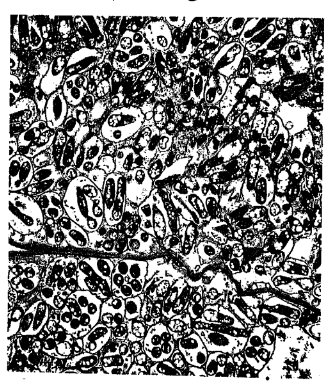
وليست العقد الجذرية عبارة عن كتل عديمة التركيب من الخلايا، ولكن تصبح كل خلية منها متصلة بخشب (Xylem) ولحاء (Phloem) النظام الوعائي لبقية النبات. وبذلك يكون نمو العقد الجذرية معتمدا على وجود الريزوبيا وفي نفس الوقت تكون العقد الجذرية احدى النموات المرتبطة ارتباطا تاما بالنبات (الشكل ٤٠ـ٢٠).

وبدون الريزوبيا لا تستطيع البقوليات تثبيت النيتروجين، حتى ولو وجدت أنواع

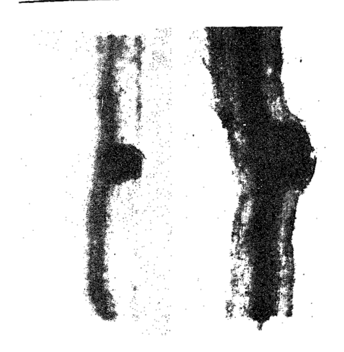
أخرى من البكتيريا في التربة (مثل البكتيريا العقدية الأزوتوباكتر - *Azotobacter*) والتي تستطيع بنفسها أن تثبت النيتروجين بدون اللجوء إلى ايجاد أي نوع من أنواع تبادل المنفعة مع كائنات أخرى. وبوضوح، فان البقوليات والريزوبيا تشتركان سويا في ضرورة ايجاد العلاقة بينهما بالنسبة لتثبيت النيتروجين. والسؤال الان، بماذا يساهم كل عضو منهما في تلك العملية؟

أثبتت الدراسات الكيمياء حيوية للبكتيرويدات (Bacteroids) المعزولة احتوائها على جميع الوسائل الحيوية ومنها انزيم النيتروجينيز (انظر قسم ٤٢-٣) واللازم لتثبيت النيتروجين. إذن لماذا الحاجة إلى النبات البقولي؟ بطبيعة الحال وجود النبات البقولي ضروري إذ أنه عامل مساعد وذلك بتزويد البكتيرويدات بالمواد الغذائية اللازمة لتلك البكتيرويدات حتى يمكنها تصنيع الكميات الكبيرة من مادة (ATP) والمطلوبة لتحويل ذرات النيتروجين الخامل (N_2) إلى أمونيا. (NH_3).

ولضمان الحصول على كميات كبيرة من (ATP) تحتاج البكتيرويدات إلى الأكسجين للقيام بعمليات التنفس في الخلية. وعلى أية حال، فنشاط إنزيم النيتروجينيز يوقفه بشدة الأكسجين، لذلك لابد للبكتيرويدات من اتباع طريق محكم بين وجود كميات



شكل ٤٠ - ١٩: خلايا مملوءة بالبكتيريا مأخوذة من عقدة نشطة من نبات فول الصويا. الخط الافقي يحدد الجدر بين خلايا عقدتين متجاورتين (تكبير ١٠,٤٠٠ مرة، بتصريح من ر. ر. هربرت).



شكل ٤٠ ـ ٢٠: يسار: حلقة من جذر نبات البسلة لاظهار نشوء جذر جانبي يمين: حلقة جذر بسلة لاظهار عقدة ناشئة (١٢ يوم بعد اصابة الجذر بالريزوبيا) كلا التركيبين متصلين بجهاز حمل الغذاء في النبات (المنطقة الغامقة ممتدة خلال مركز الجذر) (الصور الدقيقة مكبرة ١٢ مرة، بتصريح من جون ج. توري).

كبيرة وكميات قليلة من الأوكسجين. ومما يسهل وظيفة البكتيرويدات ما يقدمه لها النبات العائل من مساعدة: وهو الهيموجلوبين. فالعقد الجذرية مملوءة بالهيموجلوبين لدرجة أنه إذا ما فتحت عقدة طازجة فان لونها الأحمر البراق يظهر بوضوح للعيان. ويسمى هيموجلوبين البقوليات باسم ليج هيموجلوبين (Leghomoglobin) مثل هيموجلوبين الفقاريات، ربما فائدته إمداد البكترويدات بالكميات المناسبة من الأكسجين واللازمة فقط لأحتياجاتها المتضاربة.

وفوق ذلك فان النبات العائل لابد وأنه، بطريقة ماغير معروفة حتى الان، يمكنه تحويل الريزوبيا الغير قادرة على تثبيت النيتروجين إلى بكتيرويدات في استطاعتها ذلك.

كيف أمكن إذن لمثل هذين المعيشة المعقدة بهذه الكيفية؟ وبفرض أنه كان في امكان أسلاف الريزوبيا القيام بالعملية كلها بأنفسهم كما يفعل الكثير من أنواع بكتيريا التربة الان ـ فلابد وأنها قد استفادت استفادة حقيقية من مشاركتها الأعباء مع البقوليات، إذ ربما أن البيئة التي تهيؤها النباتات العائلة، مثل وفرة الغذاء والكمية المناسبة من الأكسجين قد مكنت الريزوبيا من أداء مهمتها بطريقة أفضل من ذي قبل، مكنتها كذلك من ايقاف بعض الوظائف التي كانت تؤديها بكفاءة التي يمكن للبقوليات أن تقوم بها بكفاءة اكثر.

وليست جميع أنواع الريزوبيا في امكانها احداث عقد على جذور كل البقوليات، إذ أن بعض الريزوبيا يمكنها اصابة البسلة فقط، والبعض الاخر سلالات البرسيم فقط (Clover) والبعض البرسيم الحجازي (Alfalfa) فقط، هكذا.

والتعريض المتعمد لبذور البقوليات للسلالة المناسبة لكل نوع من تلك البقوليات قد أصبح الان من الأعمال الزراعية الروتينية. والصورة الموجودة في الشكل (٤٠-١٨) أخذت بواسطة باحثين يعملون في شركة متخصصة في انتاج سلالات الريزوبيا المناسبة لكل محصول بقولي.

والتعقيدات التي تحدثها الهندسة الوراثية والتي تمت دراستها في قسم (١٤-٦) لم تغب عن أفكار الباحثين في مجال تثبيت النيتروجين. ففي عام ١٩٧٢م نجح العالمان الأنجليزيان ر. أ. ديكسون (R. A. Dixon) ج. ر. بوستيج (J. R. Postage) في نقل الجينات اللازمة لتثبيت النيتروجين (وهو nif جين) في بكتيريا القولون *E. coli* والأبحاث المذكورة هذه لايجب أن تبعدنا عن اعتمادنا على النبات والحيوان في تثبيت النيتروجين، لكنها أيضا تفتح أمامنا المجال عن امكانية زرع تلك الجينات في أنواع أخرى من الخلايا. والمنبع الرئيسي للطاقة التي يتطلبها الأنسان هي الحبوب النجيلية كالأرز والقمح والذرة وكما أن تلك الحبوب النجيلية تعتبر مثالية في تلبية احتياجات الأنسان من السعرات الحرارية، فان البروتين الموجود بها (والتي لأجلها تحتاج إلى كميات كبيرة من المخصبات الكيميائية النيتروجينية) غير كاف لتلبية احتياجات الأنسان الغذائية. فاذا ما أمكن ادخال جين nif الفعال في تلك الحبوب النجيلية، فسوف يكون هذا تقدما غير عادي في قدرة الأنسان على تغذية نفسة.

٤٠-٦: التنافس بين الأنواع INTERSPECIFIC COMPETITION.

عندما يعتمد كل من نوعين مختلفين من الكائنات على مصدر واحد معين في بيئتهما فانهما لابد وأن يتنافسا مع بعضهما البعض على هذا المصدر. وفي أغلب الحالات، يكون هذا المصدر نوعا من الغذاء، لكن توجد أشياء أخرى قد تكون مصدرا لهذا التنافس - مثل المأوى وأماكن بناء الأعشاش ومصدر مائي ومكان في الشمس (للنباتات).

وجميع المصادر السابقة والتي تكون الأحتياجات البيئية اللازمة لاي نوع من الأنواع (Species) تكون ما يسمى بالمحراب البيئى Ecological Niche لهذا النوع .

المأوى والمحراب HABITAT AND NICHE

المأوى هو المكان الذي يعيش فيه الحيوان، وتمت في الباب الثامن والثلاثين دراسة عـدد من أماكـن المأوى كالمستنقعـات (Bogs) والمياه الراكـدة ومصبات الأنهار (Es-tuaries) والصحارى والكثير غيرها. وبداخل الأماكن العريضة للمأوى هذه توجد عدة تحت أقسام، لذلك فانه في منطقة البحيرات مثلا نجد أن بعض الحيوانات تحفر في الطين لتعيش فيه وأخرى تعيش بين النباتات النامية في تلك البحيرات. وتسمى تحت التقسيمـات هذه في أماكـن المأوى بأماكـن المأوى الدقيقة (Microhabitats).

والمحراب البيئي لأي كائن لابد و أن يتوافر مع مكان مأواه، عموما فان اصطلاح المحراب يدخل في الحسبان اعتبارات أخرى أبعد من مسكن هذا الكائن. فالمكان الذي يتبؤه نوع من الأنواع في نسيج غذائي مثلا يعتبر عامل رئيسي في تحديد محرابه البيئى، لكن توجـد عوامـل أخـرى تدخل في هذا الأعتبار مثل مدى درجة الحرارة والـرطوبة والملوحة وغيرها، والتي إذا أمكن لأحد الأنواع الموجودة في هذا المأوى أن يتحملها فان هذا يساعد قطعا في تحديد محرابه الخاص به في ذلك المأوى. وعلى سبيل المثال فان معرفة العنوان البريدي (المأوى) لشخص ما يدلنا على المكان الذي يمكن الذهاب اليه لرؤية هذا الشخص، وفي نفس الوقت فان معرفة وظيفته والطرق العديدة الأخرى التي يتعامل بها هذا الشخص مع الاخرين من عشيرتة فانها تخبرنا بالكثير أيضا عن هذا الشخص. وبنفس الطريقة، فان المحراب البيئي لنوع من الأنواع يشمل كل ما يتعلق بالـوظيفة التي يشغلها هذا النوع داخل النظام البيئي (Ecosystem) الذي يعيش فيه.

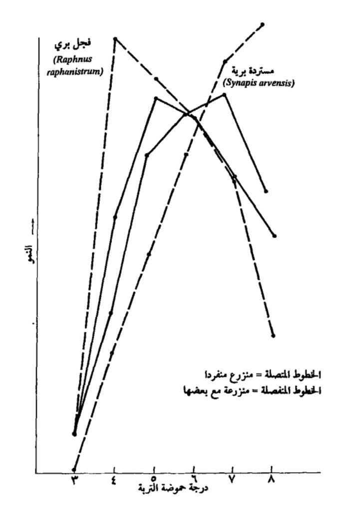
وكل عامل يساهم في محراب أي نوع يمكنه ان يعم أي يؤثر في مدى (Range) من القيم، لذلك فان كل كائن يمكنه أن يتحمل مدى معين من الحرارة والرطوبة ودرجة الحموضة (مثل نبات أو كائن يعيش في الماء) والملوحة (مثل الحيوانات الموجودة عند مصبـات الأنهار) وغيرها. وعلى العموم فان الكائنات ذات المدى العريض التحمل نجدها دائما أكثر انتشارا عن تلك الكائنات ذات المدى الضيق.

و امكانيـة بقـاء تعـداد مـا (Population) الدائمة في مكانه المتوفر فيه المدى الذي يتحمله تعتمد أيضا على مقدار المنافسة بين الأنواع التي يواجهها هذا التعداد. إذ في أغلب الأحوال نجد أن هذا التنافس بين الأنواع يضطر أحد الأنواع إلى المعيشة في أقرب مكان ممكن قرب حواف مكان حدود تحمله بدلا من المعيشة داخل تلك الحدود. والمثل الواضح على ذلك مانشاهده في الشكل (٤٠-٢١) والذي يوضح أنه إذا ما زرعت مستقلة، فان كلا من هذه الحشائش تنمو بازدهار في تربة ذات درجة حموضة ما بين ٥، ٧، لكن إذا ما زرعت مع بعضها البعض فانه ينتج عن التنافس فيما بينها عدم نمو أي حشيشة منها نمـوا جيدا في مـدى درجة حموضـة التربـة السابق ذكـرها . ومع ذلك فانـه عنـد درجة حموضة ٤ فان الفجل البري *(Raphnaus raphanistruim)* ينمو على حساب نبات الموستاردة البـــرى *(Sinapis arvensis)* وعند درجة حموضة ٨ ينعكس الوضع (الشكل ٤٠-٢١).

ولا يكون مدى التحمل متساويا طوال حياة كائن من الكائنات. وعلى سبيل المثال، فالنبـاتـات المستديمة يمكن اعادة زراعتها وتنمو بنجاح في أماكن لم ينجح فيها نمو بذورها أو لم تستطع فيها بادراتها تكملة نموها. ولقد تم تحليل الكثير من أمثلة مدى التحمل هذه في أوائل هذا القرن بواسطة عالم البيئة شلفورد (V. E. Shelford) الذي قام بدراسة الشبكة الغذائية الموضحة في الشكل (٣٨-٦).

والمحـراب لبعض الكائنات عريض نسبيا. فالصقر يغير من طعامه تبعا للتعداد النسبي للعديد من الحيوانات التي يستخدمها في صيده. ومحراب سوسة اللوز في القطن على العكس من ذلك، إذ أن محرابها ضيق حيث تتغذى فقط على نباتات القطن، فاذا لم يتواجد القطن لا تتواجد سوسة اللوز. ووجود محاريب متشابهة في أنحاء مختلفة من العالم يوضح ظاهرة التطور المتقارب.

وبينما نجد أن محاريب الكثير من أنواع الحيوانات في أي تعداد تنطبق أي تتشابك مع بعضهـا البعض، الا أنـه لايوجـد نوعان يشغلان تمامـا نفس المحـراب في نفـس الموقـع، وإذا حـدث ذلك، فيجب أن نتوقـع أن أحد النوعين أكفأ من النوع الاخر في استغـلال المحـراب، بمرور الوقت سيأخذ هذا النوع الاخير مكان النوع الاخر تماما. وهذا المبـدأ من الإستبعاد التنافسي (Competitive exclusion) قد لايكون دائما



شكل ٤٠ ـ ٢١: الانعزال البيئي الناتج عن المنافسة بين الانـواع. عنـد الـزراعـة بمفردها، كلا الفجل البري والموستاردة البرية ينجحان جيدا في تربة درجة حموضتها بين ٥ـ٧ (الخطوط المتصلة). على اية حال، عند زراعتهما سويـا، لاينمو كلاهما جيدا تحت نفس درجـة حموضـة الـتربـة المـذكورة، فالفجل الـبري يفـوق في الـنمـو الموستاردة البرية عند درجة حموضة ٤، والعكس صحيح عنـد درجـة حموضـة ٨ (الخـطوط المنفصلة). (عن أرقام هـ. ابلينبرج).

صحيحا. فمثلا قد يشغل نوعان من الحشـرات نفس المحـراب ، لكن قـد توجـد عوامل أخرى (كالجو والتطفل والأفتراس) شديدة القسوة لدرجة لا يستطيع فيها تعداد أي من الحشرتـين أن يكون كبيرا بما فيه الكفاية للقضاء كلية على التموين الغذائي وعمـومـا فان الدرسة الكثيفة للعادات الغذائية لنوعين من الأنواع واللذين يبدو ان وكأنهما يسكنان في نفس المحراب تظهر بعض الأختلافات . فالثلاثة شراشيـر (طيور مغردة) التـي ذكرها داروين (Darwin)

وهـي : *G. fortiss, G.fuliginosa, Goespiza magnirostris* تأكـل كمـية محدودة من نفس الغـذاء، ولكن يدخـل في غذاء كل نوع من الأنواع الثلاثة المذكورة نوع من الحبوب ذات الحجم الذي لايدخل غالبا في غذاء كل من النوعين الآخرين.

والقـدرة المحـدودة التي تستطيع بها البيئة انتاج الطاقة لهي العامل المحدد لحجم

التعداد، وهذا العامل على أية حَال لا يمكن الوصول اليه تحت الظروف الطبيعية. فكل مصدر غذاء يستغله اكثر من نوع، فالنطاطات والأرانب والأبقار كلها تتنافس على الأعشاب التي يمكن الحصول عليها. وبمعنى آخر فان وجود الأرانب يقلل من قدرة تحمل البيئة (K) للنطاطات والأبقار، والاخيران بدورهما يقللان (K) للأرانب أيضا وكذلك لبعضهم البعض. وعلى ذلك فان تعداد كل من الأرانب والنطاطات والأبقار تتحكم في المنافسة بين هذه الأنواع. وتحت هذه الظروف، فاننا نقدر أي ميزة أو خاصة متوارثة تستطيع أن تقلل من شدة التنافس الموجود بين الأنواع، التي تحت ظروف الأنتخاب الطبيعي، ستصبح صفة ثابتة في التعداد. والنتيجة الطبيعية التي سنحصل عليها هي تطور المواءمة (التكيف) والتي تزيد من كفاءة التغذية عند الأنواع. والتنافس الشديد بين نوعين من شراشير داروين وهما *(Carmarhynchus pauper) (C. psittacula)* على حجم معين من البذور التي تتغذى عليها ينتج عنه اتجاه انتخابي قوي، هذه النتيجة تسمى صفة الأحلال "Character displacement" وبالتالي انقاص في درجة تداخل محرابي هذي النوعين ويمكن بذلك للنوعين المعيشة سويا.

وتسير زيادة الكفاءة في التغذية جنبا إلى جنب مع زيادة التخصص ويكون نتيجة لذلك التضييق المستمر لكل نوع. فسوسة لوز القطن والفراشة التي يبلغ طول خرطوم أجزاء فمها (Proboscis) ـ ٢٥ سم تمثل كل منها تخصصا شديدا في التغذية، ولو أن محرابيهما ضيق الا أن في استطاعتهما استغلال المحرابين بكفاءة اكبر عما يستطيع ان يفعله المنافسون لهما.

والنباتات أيضا، دائما في حركة تنافس مع أنواع نباتية أخرى للحصول على ضوء الشمس والتربة والماء والمعادن، توجد مواءمات كثيرة متخصصة والتي يستطيع بها النبات التقليل من المنافسة بين الأنواع على الضروريات المذكورة. والأنواع ذات المجموع الجذري الضحل يمكنها أن تعيش مع الأنواع ذات المجموع الجذرى العميق لأن كلا منهما تمتص من منطقة مختلفة من التربة. وبذور أنواع النباتات التي تتحمل الظل قد لا تنبت في الأماكن المشمسة حيث لن يكون لها ميزة تنافسية. بنفس المقدار لا تنمو بذور الأنواع التي لا تتحمل الظل بنجاح في الأماكن الظليلة. وفي الصحراء، تترك الأوراق التي تتساقط من نبات الشجيرة البراقة "Brittlebush" سما في التربة تبعد عنها النباتات الحولية المنافسة. وتطور النباتات المعلقة، والكروم، (في حالة الكثير

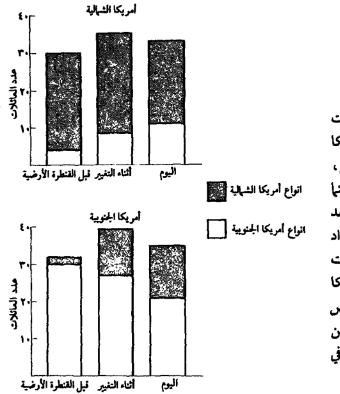
من أراضي الغابات التي تنمو بها الشجيرات) يجعلها تنمو قبل حمل أشجار الغابات لجميع أوراقها، هذه تمثل حالة من حالات التكيف للمنافسة بكفاءة للحصول على ضوء الشمس.

٤٠-٧: كم عدد الأنواع التي يمكنها أن تعيش مع بعضها البعض في منطقة واحدة:

HOW. MANY SPECIES CAN COEXIST IN ONE AREA

رأينا في القسم السابق كيف يمكن للتنافس بين الأنواع أن يؤدى إلى ازاحة الصفة، فاذا ما تواجد نوعان لهما نفس الأحتياجات البيئة في نفس المنطقة فان الأنتخاب الطبيعي يقوم بالأقلال من مقدار التداخل المحرابي الموجود بين النوعين. وبمعنى آخر، فان المحاريب العريضة منطقة ما تبدأ في الأنقسام إلى أقسام تنقسم بدورها أيضا إلى أقسام أصغر كلما امتلأت المنطقة بالأنواع.

وهل هناك حدود لهذه العملية؟ كم عدد الأنواع التي يمكن أن تعيش سويا في منطقة واحدة. تبدو أن الأجابة على السؤال الأول بأنها نعم فدراسة حفريات الثدييات في الأمريكتين تمدنا بمثال على ذلك. فقبل حقبة البلايستوسين (Pleistocene) كانت تنفصل أمريكا الشمالية عن أمريكا الجنوبية بالمحيط وكان موجودا بأمريكا الجنوبية نحو ٣٠ عائلة من الثدييات وبأمريكا الشمالية نحو ٢٥ عائلة (الشكل ٤٠-٢٢). ومنذ نحو ٢ مليون سنة اتحدت القارتان في منطقة بنما الحالية. وبوجود هذا الكوبرى الأرضي، ابتدأت الثدييات في الهجرة من قارة إلى أخرى، نتيجة لذلك ارتفع عدد العائلات في كل من تلك القارتين، لكن كانت هذه الزيادة وقتية فقط، إذ بمرور الوقت اندثر الكثير من الأنواع في كلتا القارتين. ونحن نرجح أن كل تعداد (Population) احتوي أنواعا كانت تكتشف نفس المحاريب وتقابل هذه الأنواع خلق التنافس العنيف بينها. وكان هذا التنافس أشد على الخصوص بين الأنواع الموجودة في أمريكا الجنوبية والتي قاست معايير اكبر من الأندثار فوق أرضها و أيضا فوق أرض أمريكا الشمالية (الشكل ٤٠-٢٢). واليوم، فان تعداد الثدييات فوق كل قارة قل بكثير حتى أصبح مساويا لما كان عليه قبل الحقبة البليوستوسينية بالرغم من بقاء الكوبري الأرضى عند بنما. ولو أنه من غير الممكن التنبؤ عن معرفة الأنواع التي سينتهى بها المطاف بالوجود في بيئة ما،



شكل ٤٠ ـ ٢٢: عدد العائلات في الشدييات الارضية في امريكا الشمالية وامريكا الجنوبية، قبل، وأثناء، وبعد تكوين قنطرة بنيا الارضية بين القارتين. وبعد ارتفاع وقتي، رجعت الاعداد الان أقرب الى المستويات المبكرة. والمهاجرون من امريكا الشمالية كانوا اكثر نجاحا بعض الشيء في بيئتهم الجديدة عن المهاجرين من امركيا الجنوبية في بيئتهم.

فالعدد الكلي للأنواع التي يمكنها أن يعيش هناك يبدو وكأنه محدد.

فما هي العوامل التي تحكم عدد الأنواع التي يمكنها أن تعيش سويا في منطقة ما ؟ ولو أن أحدا لايستطيع التظاهر بأنه يعرف القائمة الكاملة لهذه العوامل، الا أنه قد تحددت بالفعل بعض العوامل.

١ ـ المنـاخ: CLIMATE

أن مناخ أي منطقة ـ الماضي والحاضر ـ له تأثير واضح على أعداد الأنواع التي يمكن تواجدها في هذه المنطقة. وفي الباب الثامن والثلاثين، تمت دراسة تأثير الجو على عدد السعرات الحرارية التي يمكن اقتناصها بالأنواع المختلفة من الأنظمة البيئية (Ecosys-tems) فالمناطق ضعيفة الأنتاج، مثل الصحارى والتندرا (Tundra) تحاول ايواء أعداد أقل من الأنواع عن المناطق العالية الأنتاج كالمناطق الأستوائية. وتعتبر التقلبات الموسمية في الجو أيضا هامة في الحد من تعدد الأنواع، ينشأ عن التقلبات الموسمية الشديدة القسوة بسبب الحرارة أو التزود بالماء مثلا وغيرهما احداث أعناق زجاجة بيئية تحد من أعداد الأنواع التي تعيش معيشة دائمة في المنطقة.

٢ ـ تنوع المأوى DIVERSITY OF HABITAT

عندما تتساوي كل العوامل، فإن المناطق المتعددة أو المتنوعة المأوى تساعد على وجود أنواع اكثر عددا عما في المناطق المتجانسة. فألف ميل مربع من أراضي العشب تأوى أنـواعا أقل عما يوجد في ألف ميل مربع على نفس خط العرض ولكنه لايحتوي على سهول فقط بل يحتوي أيضا على أنهار وبحيرات وجبال وعلى أنواع مختلفة من التربة. فتعدد التضاريس يؤدي إلى تعدد في المأوى والمأوى الدقيق، يعني كل ذلك محاريب بيئية أكثر يمكن ملؤها.

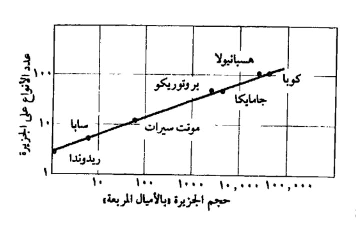
٣ ـ الحجـم : SIZE

تتحمل المساحات الكبيرة أنواعا متعددة اكثر مما يمكن للمساحات الصغيرة تحمله، والسبب الوحيد في ذلك هو احتمال وجود تضاريس متنوعة في المساحة الكبيرة. وحتى إذا ما تشابهت منطقتان تماما في تضاريسهما في التربة والمناخ وغير ذلك، فان المساحة الأكبر ستحتوي على أنواع اكثر من المساحة الصغيرة.

وأثبت عدد من الـدراسـات أن العلاقة بين المساحة (المنطقة) وتنوع الأنواع هي علاقة عددية تقريبا. والقاعدة العامة هي أنه إذا كانت مساحة أو منطقة ما تساوي عشرة مرات مساحة منطقة أخرى، فالمساحة الكبيرة هذه ستحتوي على ضعفي عدد الأنواع الموجودة في المساحة الصغيرة (الشكل ٤٠ـ٢٣).

ولقـد أمكن الـبرهنة عدة مرات على أن العلاقة هي علاقة اختيارية وشرح هذه الظاهرة وضحتها التحاليل الرائدة التي قام بها الرائد ماك آرثر (Mc.Arthur) وولسون (Wilson) واللذان قاما بصنع نموذج يمثل ظاهرة تنوع الأنواع على عدة جزر مختلفة الأحجـام (وعلى مسافات مختلفة من شواطيء الأرض الرئيسية) (Mainland) ولقد برهنا في دراستهما أن عدد الأنواع الموجودة على جزيرة في أي وقت من الأوقات يعكس التوازن بين الأنواع التي اندثرت على تلك الجزيرة وبين هجرة او لجوء أنواع بديلة لتحل محل الأنـواع المنـدثـرة على تلك الجزيرة (سواء أكانت نفس الأنواع أو أنواع مختلفة) من خارجها (أي من الأرض الرئيسية مثلا).

وأول شيء يمكن ملاحظته أنه كلما كان عدد الأنواع الموجودة على جزيرة ما كبيراً

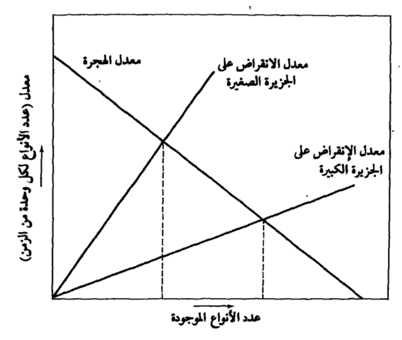


الشكل ٤٠ - ٢٣ : عدد انواع الزواحف والبرمائيات التي تعيش على الجزر المختلفة في جزر الهند الغربية منقطة كأداء لحجم الجزيرة. وعلى العموم، زيادة حجم المساحة الى عشرة اضعافها يؤيد تضاعف عدد الانواع (تم إعادة رسمها من ماك ارثر، نظرية بيوجرافية الجزيرة، مطبعة جامعة برنستون. ١٩٦٧).

كلما كان معدل الأندثار اكبر (الشكل ٤٠-٢٤). والسبب الرئيسي في ذلك هو أنه كلما زاد عدد الأنـواع، كلما زادت المنـافسة بين تلك الأنواع. وبنفس اللغة كلما زاد عدد الأنـواع على جزيرة كلما قل معدل نجاح استعمار أو سكنى هذه الجزيرة بالمهاجرين الجدد. وعلى ذلك فان عدد الأنواع التي يمكن لجزيرة أن تتحمله للعيش عليها يعتمد على النقـطة التي يصـل فيها المعدلان، الهجرة إلى الجزيرة واندثار الأنواع على نفس الجزيرة، إلى نفس القيمة (الشكل ٤٠-٢٤).

ويوجـد عامل ثان يؤثر على معدل الأندثار وهو حجم الجزيرة، فكلما كان حجم الجزيرة صغيرا كلما كان معدل الأندثار في تعداد محدد كبيرا (الشكل ٤٠-٢٤) وسبب هذه بطبيعة الحال هو صغر كمية المصادر الموجودة على الجزيرة. وكما تعلمنا في الباب السابق، فانه كلما قلـت القدرة التحملية (K) للنوع، كلما قل المعدل الأكبر للحجم الثابت لتعداد النوع (الشكل ٤٣-١٠). وكلما صغر حجم تعداد النوع، كلما زادت قابلية أفراده للتأثر أو الضرر بسبب الحوادث الغير مناسبة. فأي كارثة (مثل الأعاصير أو الجفاف) تدمر ولو جزءا واحدا فقط من التعداد الكبير الموجود على الأرض الرئيسية بينما يمكنها ابادة (أو أقرب إلى الأبادة) كل أفراد أي تعداد صغير على جزيرة.

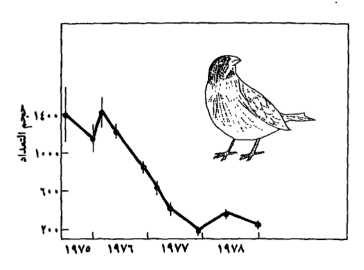
وحدث مثال على ذلك في عامي ١٩٧٦م، ١٩٧٧م بالنسبة لطائر الشرشور *Geospiza fortis* إذ أصاب جـزيرة Daphne Major (وهي جزيرة صغيرة مساحتها ٤٠ هكتارا في منطقة الجالا بوس) جفاف شديد تسبب في هبوط شديد في انتاج البذور التي يعتمد



شكل ٤٠ ـ ٢٤: عدد الأنواع التي يمكن لجزيرة أن تتحملها على الدوام أمكن إثباتها التي عندها يصبح معدل الهجرة لأنواع جديدة (او احلال) ومعدل الأنقراض متعادلا. ويكون معدل الأنقراض على الجـزيـرة الصغيرة أعلى منه على الجزيرة الكبيرة. ويتأثر معدل الهجرة بعدد الأنواع الموجودة بالفعل وكذلك ببعد الجزيرة عن منبع مستعمرين جدد.

عليهـا طائر الشرشور المذكور في غذائه، نتيجة لذلك فان تعداد الشرشور هبط من ١٤٠٠ إلى ٢٠٠ فقط على تلك الجزيرة (الشكل ٤٠ـ٢٥). [علما بأن عالما البيئة بيتر جرانت (Peter grant) بيتـر بـوج (Peter Boog) وجــدا دليلا على ظاهـرة قوية من الأنتخاب المباشر والتي حدثت في تلك الفترة ألا وهي الزيادة الواضحة في حجم المنقار وحجم الجسم في الطيور التي عاشت بعد حدوث الجفاف]. وانتهي الجفاف في عام ١٩٧٨م، وأصبح الغذاء وفيرا ولكن الزيادة في تعداد طائر الشرشور بعد ذلك كانت بطيئة وغير منتظمة (الشكل ٤٠ـ٢٥).

وبهـذا التعداد الصغير لابد أيضا أن نضع في الأعتبار أخطار الأنحراف الوراثي وقدرته على أحداث تغييرات تطورية غير ملائمة. وفي الوقت الحاضر يوجد كثير من الأنواع المهددة بالخطر في العالم أصبح عدد بعض تلك الأنواع قليلا جدا بحيث يبدأ الأنحراف الوراثي في أن يكون مهما. وحتى إذا كانت تلك الأنواع في حماية حدائق الحيوان أو في المحميات الطبيعية، فان أعدادها مازالت مهددة بالهبوط السريع والموت.



الشكـل ٤٠ ـ ٢٥ : الأنخفـاض في تعداد طائر داروين المغرد الوسط أرضي Geospiza fortis على جزيرة دافن الكبري، وهي جزيرة صغيرة (١٠٠ دونم) وعضو في جزر جالاباجوس. الأنخفاض وجد انه بسبب القحط الشديد الذي قلل كمية البذور التي يتغذي عليها هذا الطائر (من ب. ت. بوج، ب. ر. جرانت، مجلة Science ، ـ ٣١٤ : ١٩٨١ ٨٢).

لذلك إذا ما قل أي تعداد عن حجم معين، فان مؤشر الأندثار يبدو كبيرا.

وفي دراستهما عن بيوجرافية الجزيرة، أوضح ماك آرثر، ولسن أن معدل الهجرة إلى إحدى الجزر يعتمد على بعد تلك الجزيرة عن الأرض الرئيسية. و واضح أيضا أنه كلما كان الحاجز الطبيعي الذي يمكن تخطيه أعمق كلما زادت صعوبة الهجرة. والذي لا يمكن ملاحظته بسرعة الان هو صعوبة الحد من هجرة النوع والتي ستحدد عدد الأنواع التي ستعيش على الجزيرة. وإذا أخذنا جزيرتين متساويتين في الحجم ومتشابهتين في تضاريسهما، فان الجزيرة القريبة من الأرض الرئيسة ستأوى أنواعا اكثر مما ستحتوية الجزيرة البعيدة.

ولقد أكد ماك آرثر، ولسن تنبؤاتهما بدراسة تعدد الأنواع على جزر حقيقية ولكنهما أوضحا أن نفس الأسس تنطبق كذلك على أماكن مأوى أو معيشية أخرى (Habitats) وجدير بالمعرفة أن الجزيرة تمثل مأوى قائم بذاته، مجاميع البحيرات أو سلاسل الجبال والبسـاتـين المبعثـرة من أشجـار الحمضيات، حتى الأشجار الفردية داخل البستان الواحد، كل مكون من بقع معيشية تفصلها حواجز تمنع هجرة الأنواع التي تعيش بداخلها.

وأسس بيوجرافية الجزر هامة جدا من الناحيتين العملية والنظرية. وبنمو التعداد الأنساني يزداد أيضا معه المعدل الذي يغير فيه الأنسان مأواه فالأحراش قد أخليت من أشجارها لأجل خلق أراضي زراعية ومراكز للبيع والشراء وللأسباب التي سبق دراستها في الباب السابق، فان تدمير أماكن المأوى هذه يمثل تحديد اكبر على بقاء النوع مما تسببه ظواهر الأفتراس والتطفل أو التنافس بين الأنواع. والان تبذل مجهودات كبيرة في جميع أنحاء العالم للحفاظ على أماكن المأوى هذه في صورة ملاجيء للحياة البرية. وإذا ما نجحت تلك المجهودات، فلا بد من اعطاء الأولوية لزيادة مساحة هذه الأماكن حتى يمكنها تدعيم تعدد الأنواع وهو الهدف المطلوب.

ملخص الباب CHAPTER SUMMARY

تتـأثـر حياة كل كائن بالأنواع الأخرى التي تعيش معه في مجتمعه (Community) والتنـافس على الغـذاء والهروب من أن يكون النوع نفسه عرضة للأفتراس هما أهم الوسائل التي يتأثر بها تعامل الأنواع المختلفة مع بعضها البعض.

وكثير من الأنواع تقلل من إمكانية إفتراسها باستخدام: (١) التخفية (التلون)، (٢) الأسلحـة الـدفـاعية غالبـا تكـون موجودة مع التلون، (٣) المحاكاه (بالأنواع الضـارة)، (٤) السلوك الجـماعي (في الأنـواع التي تعيش معيشـة اجتـماعية)، (٥) الأستجابة للخطر الداهم بالهروب.

ويمكن للطفيليات احداث الضرر لعوائلها بعدة وسائل: (١) التهام أنسجتها، (٢) التهـام بعضـا مـن غذائهـا، أو (٣) افـراز السمـوم (Toxins).وتنشيء بعض الأنواع علاقة المعيشة المشتركة مع أنواع أخرى تتقاسم فيها تلك الأنواع غذاء العائل بدون الأضرار به.

وعـلاقـات تبادل المنفعة من أهم الصلات الموجودة بين الأنواع، إذ أن كل نوع يستفيد من تلك العلاقة أو الصلة. وتتطلب ظاهرة تبادل المنفعة وجود اختلافات في التركيب والوظيفة وحتى في السلوك لمواكبة تلك الظاهرة.

وأخـذ العوامل كلها مجتمعة، فان كل الأحتياجات البيئية للنوع هي التي تكون

محرابة البيئي . وتختلف الأنواع في اتساع رقعة هذا المحراب البيئي . وتحدد قدرة تعداد أي نوع (Population) على استغلال محرابه منافسته مع الأنواع الأخرى والتي يتداخل محرابها مع محرابه .

وأساس ظاهرة الأزاحة أو الإستبعاد التنافسي وجود نوعين يتشابه محرابيهما تماما ولا يستطيعان المعيشة سويا طوال الوقت في نفس المكان (أو المأوى Habitat) ينتهي المطاف اما باندثار أحد النوعين أو انشاء عملية تضييق فجوة التداخل عن طريق الأنتخاب الموجه بين محرابيهما وتؤدى عملية تبديل الصفة إلى تقسيم المأوى إلى عدد أكبر من المحاريب الضيقة . وعلى أية حال ، لا تستمر عملية التبديل أو الأحلال هذه إلى الأبد . ويبدو أن كل مساحة جغرافية لها عدد أقصى من الأنواع التي يمكنها إيواءه ، يتأثر هذا العدد بالعوامل التالية : (١) المناخ ، (٢) تنوع أماكن المأوى الميسرة ، (٣) الحجم . وكقاعدة عامة ، إذا ما كانت إحدى المناطق تبلغ في الحجم عشرة أمثال حجم منطقة أخرى ، فيمكن لتلك المنطقة الكبيرة ايواء ضعف عدد أنواع المنطقة الأصغر تقريبا .

تمارين ومسائل EXERCISES AND PROBLEMS

١ ــ أذكر طفيل إنساني واحد من كل من الشُعب السبع التابعة لحقيقيات النواة (Eukaryotes).

٢ ــ كيف يمكنك محاولة شرح أن البراميسيوم *Paramecium bursaria* يتناول غذاءه بالفعل من طحالب وحيدة الخلية موجودة بداخلة؟

٣ ــ يتطلب تثبيت النيتروجين إلى أمونيا نحو ١٤٧ (Kcal / mole) من الأزوت . ما هو أقل عدد من ذرات (ATP) التي تتوقع احتياجها لهذه العملية؟ [تدل المقاييس الحديثة على أن القيمة الحقيقية قريبة من ذلك] .

المراجع REFERENCES

1 - FEDER, H. M., "Escape Responses in Marine Invertebrates," Scientific American, offprint No. 1254, July, 1972.

2 - ENRLICH, P. R., and P. H. RAVEN," Butterflies and Plants," Scientific American, Offprint No. 1076, June, 1967. The unplatability of certain but-

terflies (which makes them good to be mimicked) arises from chemicals in the plants they have eaten during their larval stage.

3 - BROVER, L. P., "Ecological Chemistry," Scientific American, Offprint No. 1133, February, 1969. Demonstrates that the unplatability of the monarch butterfly comes from toxic (to vertebrates like the blue jay) substances in the milkweed plants upon which monarch larvae feed.

4 - SMITH, D. C., Symbiosis of Algae with Invertebrates, Oxford Biology Readers, No. 43, Oxford University Press, Oxford, 1973.

5 - HARLEY, J. L. Mycorrhiza, Oxford Biology Readers, No. 12. Oxford University Press, Oxford, 1971.

6 - BATRA, SUZANMNE W. T., and L. R. BATRA, "The Fungus Gardens of Insects," Scientific American, Offprint No. 1068, November, 1967.

7 - LIMBAUGH, C., "Cleaning Symbiosis," Scientific American, Offprint No. 135, August, 1961. Gives several examples of mutualism in which animals of one species secure food by cleaning animals of another species.

8 - BRIL, W. J., "Biological Nitrogen Fixation," Scientific American Offprint No. 922, March, 1977.

9 - MAY, R. M., "The Evolution of Ecological Systems," Scientific American, Offprint No. 1404, September, 1978. Ecological systems don't undergo evolution in the Darwinian sense, but they certainly change as the result of the interactions of their component species. Includes a discussion of the principles of island biogeography.

CHAPTER 41 الباب الحادي والأربعون

بيئة الانسان ١: الوباء
HUMAN ECOLOGY I: PESTILENCE

EXERCISES AND PROBLEMS　　تمارين ومسائل

REFERENCES　　المراجع

الباب الحادي والأربعون

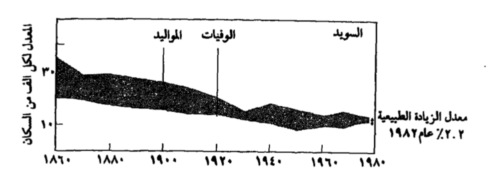
بيئة الانسان ١ : الوباء

٤١ـ١ : الوفاة: المجاعة، الحرب، الأوبئة:

MORTALITY: FAMINE WAR AND PESTILENCE

يعتمد نمو اي تعداد على معدلي الولادة والوفاة. والنوع الانساني الان في قبضة انفجار سكاني عالمي. وعموما، فان معدل الزيادة في المواليد لايمكن اعتبارها المسئولة عن معدل النمو السكاني، إذ ان معدلات المواليد تبدوا وكأنها ثابتة كما هي في البلدان الاقل نموا بل ونزل التعداد السكاني هذا ـ الا في حالات قليلة ـ في البلدان النامية من العالم (الشكل ٤١ـ١). إذن، من المسئول حينئذ عن هذا الانفجار السكاني؟ الاجابة هي الهبوط الكبير في معدلات الوفاة.

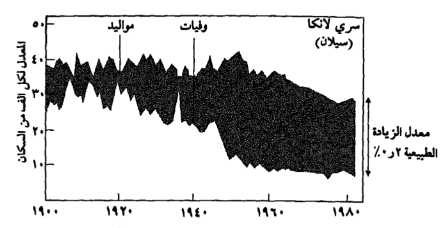
والآلة الانسانية قادرة على الاستمرار لمدة ٧٠ـ١٠٠ سنة قبل أن تبلي. وعلى أية حال، فان حياة الانسان البدائي قدرت بنمو ٢٠ سنة منذ الولادة. إذن ماذا كانت تلك القوى التي ادت إلى انخفاض العمر إلى هذا الحد؟ كانت تلك القوى ولا شك هي نفسها التي تحفظ معدلات الوفاة مرتفعة في اي تعداد للكائنات الحية. وهذه القوي هي: (١) القدرة المحددة للبيئة في تزويد الانواع باحتياجتها (ويعني هذا تزويدها بالغذاء في الانواع متعددة الغذاء)، (٢) كفاءة المفترسات عند حصادها للانواع لسد احتياجاتها من الغذاء، (٣) عدم كفاءة متطفلات هذا النوع والذي يتراكم موت عائلها وتحرم نفسها من الغذاء. وبترجمة كل هذا إلى لغة الانسان، فان اسباب الموت المبكر والعوامل الفعالة التي تتحكم في نمو التعداد هي المجاعة، الحرب (حيث يفترس الانسان أخاه الانسان)، الاوبئة.



شكل ٤١ـ١ : معدلات المواليد والوفيات في السويد منذ ١٨٦٠م. الفرق بين الأثنين عند أي وقت يعطي معدل الزيادة أو اذا ماحدث وزادت الوفيات عن المواليد، تقل في التعداد. في عام ١٩٨٢، كان معدل المواليد واحد/ الف أزيد من معدل الوفيات، ممثلا معدل الزيادة الطبيعية أ لـ ١ , ٠٪ كل سنة. انخفاض معدلات المواليد والتي تتوازى مع أنخفاض معدلات الوفيات هي من صفات الدول المتقدمة. الأرقام مأخوذة من مكتب مراجع التعداد.

وتميز فجر الزراعة وتربية الحيوان الذي اخل في وقت من اوقات التاريخ البشرى بزيادة الكفاءة في توفير الغذاء وبالتالي زيادة القدرة على تمكين البيئة من مساندة النوع البشرى. وظهرت المكاسب الناتجة عن ذلك على وجه الخصوص خلال الثلاثة قرون الأخيرة. فتحسين الالات الزراعية وتوفير أراضي أوسع للزراعة وانتاج محاصيل اكثر عن طريق التـوسـع في استخدام المخصبات والمبيدات الحشرية والرى وضم المزارع الصغيرة في مزراع موحدة اكبر حجما ووجود وسائل نقل الغذاء من مناطق وجوده بكثرة إلى مناطق اخرى يندر فيها وجود هذا الغذاء كل من هذه العوامل لعب دوره في توفير الغـذاء. وحتى إلى عهد القرن الثامن عشر، كان يلزم ٨٠ فردا يشتغلون بالزراعة لتغذية ١٠٠ فرد في الولايات المتحدة الامريكية (نفس الثمانين فردا بجانب عشرين فردا اخـرين من اقربائهم). واليوم يمكن لخمسة افراد فقط يعملون بالزراعة ان يزودوا انفسهم بجانب ٩٥ فرد (لايعملون في الزراعة) بالغذاء.

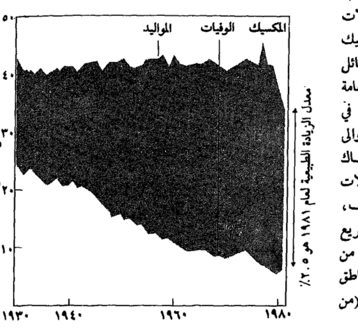
ومن الصعب عزل الدور الذي لعبته الحرب في الحد من زيادة التعداد السكاني. وبكـل تاكيد، كانت الحرب من السمات الموجودة باستمرار في حياة الانسان وكانت معدلات الموت المتسببة عن الحروب تفوق الخيال أحيانا. ولربما كان للحروب كذلك تأثيرها الغير مباشر في الضغط الشديد للتعداد السكاني بسبب الجوع والأوبئة المتسببة عن عدم اتباع الوسائل الصحية العادية. وحتى في الحرب الاهلية المدمرة في الولايات المتحدة الامريكية (بين الشمال والجنوب) كان عدد الجنود الذين فقدوا حياتهم في تلك



شكل ٤١-٢: معدلات المواليد ومعدلات الوفيات في سيلان المسماة الأن سري لانكا منذ ١٩٠٠. النزول الحاد في معدلات الوفيات بعد ١٩٤٥ يعكس أنتشار ادخال برنامج مكافحة الملاريا. وفشل معدل المواليد في الهبوط بشكل واضح أدى الى فترة من فترات الزيادة الكبيرة في التعداد.مأخوذة من مكتب مراجع التعداد.

الحرب بسبب الامراض يفوق أعداد الجنود الذين قتلوا في أرض المعركة.

ولكن الآن يرجع الفضل (أو اللوم) إلى كفاءة كفاحنا ضد الطفيليات في هذا الانفجار السكاني الموجود حاليا. فتحسن الوسائل الصحية، برامج المناعة، استخدام المضادات الحيوية ووسائل العلاج الكيمياوية الاخرى وإستعمال المبيدات التي تقتل الحيوانات الناقلة لطفيليات الانسان، كل من هذه العوامل لعب دوره في تقليل اعداد الوفيات المتسببة عن الأمراض الوبائية. وقبل الحرب العالمية الثانية، كانت جميع الميزات السابقة قاصرة تقريبا على الدول الغنية والصناعية فقط في العالم والتي استجابت لقلة معدل المواليد (الشكل ٤١-١). لكن منذ ١٩٤٠م صدرت هذه الميزات إلى المناطق الفقيرة من العالم واعطت نتائج مبهرة. فمعدل الوفاة السنوي في سيلان (سري لانكا الان) في عام ١٩٤١م وقف عند ٢٢ شخصا لكل الف، في عام ١٩٤٦م بدا تنفيذ برنامج ضخم لمكافحة البعوض - باستخدام مبيد الـ ددت. وبإبادة البعوض الناقل للملاريا من انسان إلى انسان - تقريبا - امكن كسر دورة حياة المرض. وفي خلال ٩ سنوات نزل معدل الوفاة إلى ١٠ لكل الف (الشكل ٤١-٢)، وفي عام ١٩٨٢م وقف معدل الوفاة هذا عند الرقم ٧. ولكن لم يصحب ذلك تعويض في نزول معدل الولادة (معدل ١٩٨٢ م = ٢٩ لكل الف) وعلى ذلك ففي عام ١٩٨٢م ازداد تعداد السكان بمعدل سنوي يعاد ٢,٢٪ (٢٢ / ١٠٠٠/في السنة)، والنمو المذكور هو نمو أسي وعلى



الشكل ٤١-٣: معدلات الولادة والوفيات في المكسيك منذ ١٩٣٠. ادخال وسائل مختلفة خاصة بالصحة العامة سبب الهبوط السريع في معدلات الوفيات. والى وقت قريب، لم يكن هناك هبوط معادل في معدلات المواليد. وهذا الموقف، الذي ينشأ فيه معدل سريع في النمو السكاني، من مميزات الكثير من المناطق القليلة النمو في العالم (من مكتب التعداد).

ذلك فسيتضاعف التعداد في خلال ٣١ سنة. والهبوط الشديد في معدلات الوفيات والذي يصحبه الثبات في معدلات الولادة لهو من سمة أغلب مناطق العالم الاقل تقدما الآن (الشكل ٤١-٣).

ولنختبر الآن بشمولية اكبر دور التطفل في التحكم في التعداد وكيف امكننا تغيير هذا الدور بوسائل تقدمنا التكنولوجي.

٤١-٢: التطفل: غزو العائل PARASITISM: INVADING THE HOST

ان قائمة طفيليات الانسان طويلة، إذ قد تحتوي اجسامنا على انوع عديدة من الديدان (الديدان الكبدية وغيرها) والحيوانات الاولية (كالاميبا المتطفلة، جراثيم الملاريا، التريبانوسوم الذي يسبب مرض النوم الافريقي - الشكل ٣٤-٣) والبكتيريا والفطر وفيروسات عديدةهي ايضا من المتطفلات على انسان.

وغالبا ماتكون جميع اجزاء جسم العائل عرضة لسكني الطفيليات. فالفيروسات وبعض انواع البكتيريا تغزو وتتكاثرداخل خلايا العائل. واغلب انواع البكتيريا والحيوانات الاولية المتطفلة وكذلك الكثير من الديدان الكبدية تغزو أنسجة عائلها.

فكثيرا ما نجد الديدان الشريطية والديدان الاسطوانية والاوليات والبكتيريا داخل القناة الهضمية. واغلب الحشرات المتطفلة (مثل القمل) طفيليات خارجية اي تعيش على سطح الجسم من الخارج.

وتوجد مشكلة واحدة تواجه جميع الطفيليات، الا وهي كيفية غزوها لعائلها. ويمثل جسم الفقاريات عددا من الحواجز التي تعوق غزوه بواسطة الطفيليات. فالطبقات الخارجية للجلد تتكون من خلايا ميتة كيراتينية تمنع في الغالب اختراق الطفيليات. وتعتبر قرنيات العين المكان الوحيد الذي تتعرض فيه الخلايا الحية للعوامل البيئية الخارجية، لكنها تبقى دائما مبللة بالدموع وهي إحدى المواد الرئيسية المحتوية على انزيم الليزوزايم (Lysozyme) وهو الانزيم الذي يهضم مادة البيبتيدوجليكان (Peptidoglycan) الموجودة في جدر الخلايا البكتيرية (انظر قسم ٦-٩).

ومع ان خارج الجسم محمى جيدا، فان مستلزمات التمثيل الغذائي تعتمد على وجود منافذ للخارج لعدد من اجهزة التبادل بالجسم (مثل الرئات، الامعاء، قنوات الكلي)، ومثل تلك الاجهزة تكون مغطاه بخلايا حية وبذلك فهي تخاطر بغزو الاحياء الدقيقة لها. فالرئات يمكنها حماية نفسها من الغزو البكتيري بالوسائل التالية: (أ) الاهداب (Cilia) التي تطرد الدقائق التي يستنقشها العائل - بعد احاطتها بالمخاط - ثم اعادتها ثانية إلى الزور، (ب) الخلايا الاكولة (Phagocytes) مثل خلايا الدم الكبيرة (Macrophages) التي تاوى وتحيط بالاجسام التي استنشقها العائل وهربت من امكانية ارجاعها ثانية للحلق، (ج) إفراز (IgA) وهو نوع من الاجسام المضادة الموجودة بكثرة في الافرازات، ويعمل (IgA) كحاجز وقائي ضد الأجسام الغريبة (الأنتيجينات) الموجودة في الجو والتي أمكنها من قبل تكوين إستجابة مناعية .

ودرجة حموضة (pH) عصير المعدة مميت للكثير من المسببات المرضية التي تُبتلع مع الأكل أو الماء. وطبعا، يعيش تعداد كبير جدا من البكتيريا في الامعاء، الا انها لا تغزو الانسجة للاسباب التالية: (أ) نشاط الخلايا الاكولة، (ب) وجود حاجز مناعي من (IgA) فاذا ما حدث كبت للاستجابة للمناعة - بسبب جرعة كبيرة من الاشعاع او بسبب استخدام الادوية المثبطة للمناعة - فأول ما يحدث هو تقرح جدر المعدة والامعاء نظرا لتخلص البكتيريا من عوامل التحكم فيها وابتداؤها في غزو الانسجة الحية.

وانـابيب الكلية وكذلك المثانة عرضة لغزو المسببات المرضية. وعموما فان البول معقم ويتسبب افـرازه الـدائم وخـروجه للخارج في ازاحة الاحياء الدقيقة معه اثناء خروجه، بذلك يقلل من خطر اصابة المثانة والكلية.

وطبعا فان تلك الحواجز غالبا ما يمكن نقضها اي ازاحتها عن الطريق والتغلب عليها. فالطفيليات التي نبتلعها مع الطعام او الماء تستطيع في الغالب تثبيت نفسها في الممر المعدى الامعائي مسببة الامراض. والبكتيريا والفطر والفيروسات المنتشرة في الهواء يمكن استنشـاقهـا وتتغلب على النظام الدفاعى المعتاد في الرئات. ولدغ الحشرات والعنكبـوتيات (مثـل القـراد) يمكن ان تعمل كالابر الجلدية وعلى دخول الاوليات والبكتيريا والفيروسات في البيئة الداخلية.

وبمجرد دخول الطفيل إلى داخل جسم العائل، ينتج عنه ثلاثة احتمالات، فاما ان يقتل العائل بواسطة الطفيل، او ان يتحمل العائل هذا الطفيل لفترة غير محددة، او ان يدمر الطفيل كلية. وحدوث اي من تلك النواتج الثلاثة يعتمد في الحقيقة على اربعة عوامل: (١) عدد الطفيليات المهاجمة، (٢) طبيعتها، (٣) دفاع العائل، إذا ما كان هذا العائل هو الانسان أو الحيوانات المستانسة، (٤) طبيعة العلاج الذي يعطى للعائل.

وابتـلاع لحم خنـزير غير جيد الـطهي ويحتـوي على بعض من حويصلات دودة التريكينيلا (*Trichinella*) (الشكل ٣٦-٩) يسبب حالة مرضية خفيفة من Trichinosis والتي يصعب تشخيصها أحيانا، أما تناول لحم الخنزير المصاب بشدة غالبا ما يؤدي إلى الموت، إذ يمكن للجسم أن يتحمل دخول أعداد قليلة من الطفيليات بداخله ولكنه يهلك عنـد الاصـابـة الشديدة. وبطبيعة الحال، تختلف أعداد الطفيل التي يمكنها التغلب على العائل تبعا للضرر الذي يسببه هذا الطفيل.

وتختلف الـطفيليات في مقـدار إحداثها للامراض، أي شدة الضرر الذي تسببه للعـائـل. إذ قد يمكننـا إحتواء دودة شريطية لعدة سنوات ولكن مع حدوث ضرر طفيف. وعلى اية حال، فان ٩٠٪ من الاصابات المتسببة عن سلالة معينة من مرض الركتسيا (Rickettsiasis) والتي تسبب مرض حمى جبال الروكى المبرقشة تنتهي بالموت إذا لم تعالج تلك الاصابات.

٤١-٣ : مقاومـة العائل للطفيليـات :
HOST RESISTANCE TO PARASITES

والذي يحدث عند دخول طفيل داخل عائله يتوقف أيضا على المقاومة الميكانيكية التي يقوم بها العائل لايقاف هذا الغزو. وكمثال واحد، لنختبر خطوات الدفاع التي تتدخل في العملية عند دخول بكتيريا محمولة على شظية تحت الجلد.

فالضرر الميكانيكي الذي تحدثه الشظية يتسبب في مقتل بعض الخلايا والتي تتحلل فيها بعد وتمد البكتيريا التي دخلت الجرح بالغذاء اللازم لها، ثم تبدأ تلك البكتيريا في التكاثر. وعموما فان الخلايا التالفة تفرز أيضا موادا ترسل إشارة إلى الجسم ليبدأ في اتخاذ اللازم نحو الكائن الغازى (البكتيريا). ومن تلك الاجراءات التي يتخذها الجسم هو جعل الهستـامين يزيد من توارد الدم إلى الشعيرات الدموية الموجودة في المنطقة المصابة. وعلاوة على ذلك، تصبح جدر تلك الشعيرات اكثر نفاذية (Leakier) ويكون نتيجة لذلك تجمع الليمف في فراغات الانسجة. ولا يتم تصريف هذا الليمف عن طريق الشعـيرات الليمفـاوية حيث تنسـد تلك الشعيرات بنسيج الفبرين (Fibrin). وينشط الهستامين كذلك تحويل جلوبيولين السيرم إلى المركبات عديدة الدهون المسماة كينينـات (Kinins) والـذي يسير بدوره في فراغات الأنسجة ويعمل على الاسراع في حدوث تلك التغييرات. وبعض المواد، ربمـا نوع من الكينيات (Kinin) يتم إنتاجها وهـذه بدورهـا تجذب الخلايا الملتهمـة (Phagocytes) الموجودة في مجرى الدم. وتهاجر هذه الخلايا الملتهمـة (وهي غالبا من النـوع المتعـادل (Neutrophils) عن طريق جدر الشعـيرات إلى فراغـات الانسجـة وتبـدأ في إبتلاع البكتيريا والخلايا التالفة. وبعد إلتهـامها عددا من البكتـيريا، تموت تلك الخـلايا الملتهمة وتكون أجسامها إحدى مكونات المادة المعروفة بالصديد (Pus) وتعمل خلايا ملتهمه أخرى كحاجز حي بين الجزء التالف من النسيج والجزء السليم فيه وبذلك يمكن عزل مكان الاصابة.

كل تلك الاستجـابـات المـوضعية تكون ما يسمى بالالتهاب الحاد، والاعراض الخارجية له هي الاحمرار (بسبب زيادة وصول الدم)، الليونة (بسبب الكينينات) وإذا ما انفتح الجرح يخرج الصديد، وإذا ما سار كل شيء على مايرام فان الالتهاب الحاد يتوقف عن الانتشار، بعد تدمير كل البكتيريا يبدأ الجرح في الاندمال.

واحيانا لايحتوي الالتهاب الموضعي على الطفيليات الغازية، إذ ربما تهرب تلك الطفيليات عن طريق الشعيرات الليمفاوومة او الدموية. ويبدأ خط ثان للدفاع في عمله في هذا الوقت، فتجويف العقد الليمفاوية مبطنة بخلايا ملتهمة ثانية والتي تلتهم البكتيريا المارة وبذلك تمنعها من الوصول إلى مجرى الدم. وإذا ما كان الغزو شديدا، فان العقد الليمفاوية نفسها قد تصاب وتنتفخ. والاصابات الغير ظاهرة قد يتم اكتشافها فيه لاول مرة بظهور هذه الغدد المتورمة في اماكن معينة كالرقبة واباط الاذرع وخن الورك.

والبكتيريا التي تصل إلى مجرى الدم تحتضنها خلايا ثانية تبطن فراغات الطحال. والفراغات الدموية في الكبد مزودة كذلك بنفس الخلايا حتى تتخلص من البكتيريا السابحة والتي تخترق بطانة الامعاء وتصل إلى الكبد عن طريق الأوعية البابية وبتلك الوسيلة يمكن منع تلك الكائنات من دخول الدورة الدموية العامة.

بالنسبة للكثير من أنواع العدوى، فإن الشيء الوحيد الذي يرجح إحدى كفتى الميزان عن الأخرى في صالح العائل هو إنتاج الأجسام المضادة (Antibodies) وفي الايام التي سبقت اكتشاف الادوية التي يمكن بها مكافحة جراثيم الإلتهاب الرئوي، كانت نتيجة المرض تعتمد على ما يحدث أولا: الاختناق بسبب تجمع السوائل في الرئات، أو ظهور الاجسام المضادة لبكتيريا الإلتهاب الرئوي. وكان الاطباء (وكذلك الآباء) ينتظرون بلهفة فترة الأزمة "Crisis" - في الغالب في اليوم الخامس أو السادس. فاذا ما تخطى المريض هذه الفترة، فان الاجسام المضادة تحول إتجاه المعركة. والآن تستطيع الخلايا الملتهمة ان تحيط بكتيريا الإلتهاب الرئوي المغلفة بالأجسام المضادة (انظر الشكل ٢٤-١٠) ويتم شفاء المريض بسرعة.

اما بخصوص الاصابات التي تحدثها كائنات سبق وان نازلها الجهاز المناعي من قبل، فالمقدرة على مجابهتها باستجابة ثانوية (Secondary response) (انظر الشكل ٢٤-١١) تمكن العائل من دحر هذا الغزو الثاني بسرعة لدرجة عدم رؤية اعراض ظاهرية للاصابة، إذ أن العائل أو الفرد أصبح الآن منيعا (Immune) ضد هذا الطفيل.

وتسكن بعض طفيلياتنا داخل خلايا الجسم وبذلك تكون محمية من التعرض

للاجسام المضادة. فكثير من الطفيليات الاولية، ومنها طفيليات الملاريا، تستخدم هذه الخدعة. وعموما، فان طفيليات الملاريا تخرج للخارج من الكرات الدموية الحمراء في نظام ثابت (محدثة حمى الملاريا المعروفة) وبذلك تصبح معرضة للاجسام المضادة. ومع ذلك فلربما يمكن لطفيليات الملاريا هذه أن تعيش لعدة سنوات داخل جسم العائل. والسبب في ذلك هو مقدرة الطفيل على تغيير طبيعة المحددات الأنتيجينية على سطحه من وقت إلى آخر، وبهذه الطريقة يمكنه الهروب من هجوم الاجسام المضادة لحين نشوء عامل إستجابة أولى جديد. وتستخدم التريبا نوسومات نفس الخدعة. وتتفادى ديدان الدم المفلطحة (مثل البلهارسيا) الاستجابة المناعية للعائل بطريقة أخرى، فهي في الواقع تضم أنتيجينات العائل مع سطح جسمها، بهذا الغلاف فان الجهاز المناعي للعائل يرى تلك الديدان كنفسها (As self) وليس غير نفسها (Nonself) وبذلك يفشل في القيام باي هجوم عليها.

وكان معروفا من قبل منذ فترة ان الافراد المرضي بفيروس واحد يمتلكون مناعة مؤقتة ضد الفيروسات الأخرى. وسبب تلك المناعة هو لان الخلايا التي هوجمت بالفيروس الاول تنتج عاملا ضد فيروسى يسمى إنترفيرون (Interferon) وهو جزيء بروتيني ينتج بسرعة بعد الاصابة، وفي جميع الحالات فانه أسرع من الأجسام المصابه في إنتاجه. وبخلاف الاجسام المضادة، فان الانترفيرون غير متخصص أي أنه فعال ضد جميع الفيروسات. وبمجرد تكوينه فهو بالتالي يشجع تكوين بروتين ثان يتدخل في تكوين (RNA) الخلايا أو في تكوين البروتين أو في تكوين كليهما معا، لهذا يتوقف تكاثر الفيروس. وإذا وجدت طريقة امنة تسرع من إنتاج الجسم لمادة الانترفيرون هذه فستؤدى هذه الطريقة إلى إيجاد سلاح فتاك ضد الأمراض الفيروسية (وخاصة ضد الفيروسات التي لاتؤثر فيها الادوية).

٤١-٤ : التدخل في نقل الطفيليات:

INTERFERING WITH THE TRANSMISSION OF PARASITES

توجد مشكلة كبرى تواجه كل الطفيليات وهي كيفية إنتقالها من عائل إلى آخر. فالخروج من جسم العائل قد يكون عن طريق الرئات (اثناء الكحة والنف - الشكل ٤١-٤)، أو عن طريق فتحة الشرج (مع البراز)، وهي حالات قليلة (كما في

الاسبيروكيت ـ Spirochete ـ المسببة للزهرى) تخرج الطفيليات مباشرة عن طريق الجلد والاغشية المخاطية. فالبكتيريا والفيروسات التي تصيب الممرات الهوائية والرئات امثلة للحالة الاولى، إذ تخرج من نفس الطريق الذي دخلت منه. وطفيليات الامعاء مثل البكتيريا والفيروسات والحيوانات الاولية تترك الجسم مع البراز أو، كما في حالة الديدان الشريطية والديدان الخطافية وغيرها، تضع بيضها الذي يخرج للخارج مع البراز. وعند عدم توفر الوسائل الصحية العامة لدى الافراد، فانه يوجد إحتمال كبير في إبتلاع بعض من تلك الطفيليات بواسطة عوائل أخرى.

وتنتج بعض الديدان التي تعيش في جهازنا الهضمي أطوارا يرقية لابد لها من النمو في عائل وسطى قبل ان تصبح قادرة على إصابة الانسان مرة ثانية فالعائل الوسطى لدودة الخنزير الشريطية (*Taenia solium*) هو الخنزير ويبدو واضحا هنا ان وظيفة العائل الوسطى الخنزير ما هي الا الة لتحسين الفرص لدخول الطفيل ثانية إلى داخل جسم العائل الاولى وهو الانسان. وأكبر دودة شريطية تصيب الانسان قد تصل إلى ١٨ مترا (أي ٦٠ قدما في الطول) ودودة السمك الشريطية، تحتاج إلى ثلاثة عوائل كي تكمل دورات حياتها: حيوان قشرى يعيش في المياة العذبة (السيكلوبس ـ Cyclops ـ الشكل ٤١ـ٤) وسمكة، انسان. فاذا ما اعتبرنا ان براز الانسان غالبا ما يصل إلى الماء وان احدى سمكات المياة العذبة تاكل السيكلوبس وان الانسان قد ياكل سمكة غير مطبوخة جيدا يمكننا ان نرى بسهولة كيف يمكن لدورة الحياة المعقدة هذه ان تهيىء الظروف المناسبة لدخول الطفيل من انسان إلى آخر.

وتعتبر مشكلة الانتقال هذه اكثر صعوبة في الطفيليات التي تعيش في دمنا او في انسجة اخرى. فطفيل الملاريا، فيروس الحمى الصفراء، الديدان الاسطوانية التي تسبب داء الفيل (Elephantiasis) يمكنها ان تنتقل من انسان إلى اخر فقط بمساعدة عائل وسطى. وفي حالة البعوض فانها يمكنها سحب الطفيل من دم عائل وحقنه داخل دم اخر، ويستخدم لفظ (Vector) لكل حيوان (و غالبيتها من الحشرات) ينقل المسببات المرضية بهذه الطريقة.

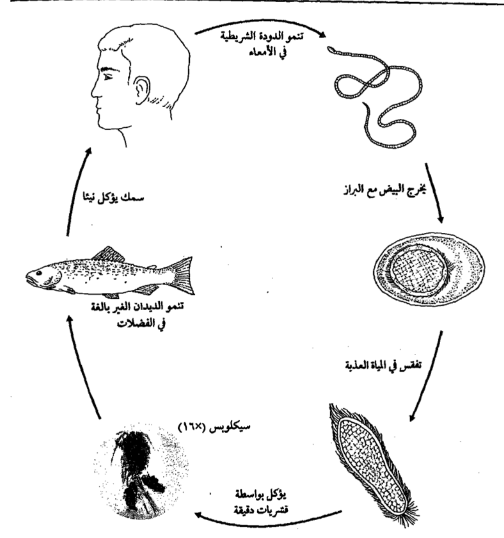
وحتى مع الطرق المحكمة لدورات الحياة والتي تجعل الدخول داخل العائل الاولى اسهل، فان فرص اي طفيل كي يفعل ذلك لهي ضئيلة جدا. ولهذا فليس من المستغرب الخصوبة الهائلة للكثير من طفيلياتنا، إذ انها تنتج اعدادا هائلة من الصغار.



شكل ٤١ـ٤ : عطسة شديدة. اضاءة شديدة السرعة من فلاش تصوير توضح السحاب المكون من النقط الناتجة. وهذه عوامل رئيسية في نشر البكتيريا والفيروسات التي تدخل الجسم عن طريق القنوات التنفسية بتصريح من دكتور مارشال وجينيسون، Scientific monthly ، مجلد ٥٢ : ٢٤ـ٣٣، يناير، ١٩٤١.

فدودة السمك الشريطية، التي ذكرت سابقا، تخرج نحو المليون بيضة المخصبة في براز عائلها يوميا، وقد تضع انثى الدودة الخطافية من ٢٥ـ٣٥ الف بيضة كل يوم طوال عمرها الذي يبلغ خمسة سنوات. ولطالما تفهمنا المشكلة التي يتعرض لها الطفيل عند انتقالة من عائل إلى اخر، فيمكننا عندئذ تفهم لماذا يعتبر الكثير من الطفيليات (امثال الديدان الشريطية والديدان الخطافية) الات اي اجهزة ذات كفاءة في التكاثر الجنسي.

وكانت اوائل المحاولات الناجحة التي تتعلق بامراض الانسان تدور حول تعطيل الوسائل التي ينتقل بها الطفيل من عائل إلى آخر. فالتخلص من فضلات الانسان عن طريق المجاري وامداد المدن بالمياه الصالحة للشرب (بالتطهير بالكلور) قلل من حدوث الامراض المعوية مثل حمى التيفود والدوسنتاريا الاميبة والكوليرا. كما أن الطبخ الجيد للحم الخنزير والابقار والاسماك منع انتقال الطفيليات والتي كانت تدخل الاجسام عن طريق ابتلاع العوائل الوسطية.



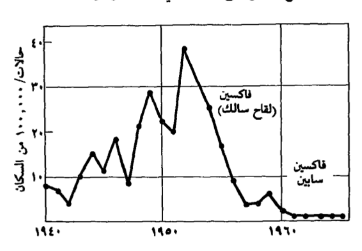
شكل ٤١-٥: دورة حياة *Diphyllopbothrium latum*، دودة السمك الشريطية العريضة. الدودة البالغة والتي تبلغ نحو ١٨ مترا في الطول (٦٠ قدما) تم ابعادها من أمعاء انسان. ظروف العدوى مرتفعة في الدول الموجودة على طول ساحل البلطيق وفي مناطق البحيرات العظمى.

وكان قتل مسببات الامراض من وسائل الصحة العامة التي قللت من وقوع الامراض المعدية. وفي عام ١٩٣٤م، ١٩٤٤م كان لاستخدام مبيد الـ (ددت) على مجال واسع وذلك بتعفير سكان ايطاليا المدنيين اثره الفعال في ايقاف حمى التيفوس الوبائية. والمسبب الناقل للكائن الدقيق المسبب لمرض التيفوس هذا هو حشرة قملة الجسم. ولقد سبق لنا بالفعل ذكر دور مبيد الـ (ددت) في ابادة البعوض الذي ينقل جرثومة الملاريا في دولة سرى لانكا، وتم تكرار نفس القصة في مناطق الملاريا الاخرى من العالم في السنوات التي تلت الحرب العالمية الثانية.

٤١-٥ : الاعتماد المكثف لطفيليات الانسان :
DENSITY-DEPENDENCE OF HUMAN PARASITES

تعلمنا في قسم ٢٤-٧، انه بحلول عام ١٩٨٠م، امكن للقاح (الفاكسين Vac-cine) الذي اكتشفه العالم يينر (Jenner) منذ ١٨٤ سنة، ان يقضى على مرض الجدرى قضاء تاما من على وجه الارض (كما تنبأ يينر نفسه بذلك). ومنذ ايام يينر، تم ادخال العديد من اللقاحات (Vaccines) الناجحة في الاستخدام الطبي. فاحداث المناعة الان (Immunation) ضد الدفتيريا والسعال الديكي والتيتانوس والشلل لهو من الوسائل المنتشرة الان في اغلب بقاع الارض وقلل بشدة خطورة تلك الامراض (الشكل ٤١-٦).

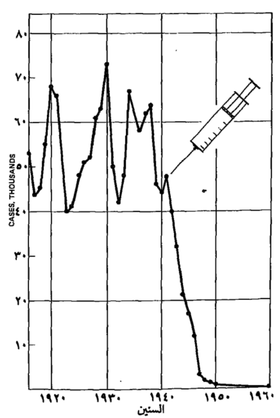
وحقنك بلقاح التيتانوس يساعدك انت فقط، لكن حقنك بلقاح الشلل (Polio) او الدفتيريا يساعدك ويساعد جيرانك ايضا، ذلك لان انتشار فيروس الشلل و بكتيريا الدفتيريا *(Bacillus)* من فرد إلى اخر يتطلب وجود كثافة عالية من الافراد الممكن اصابتهم بالعدوي. ومن الامثلة الاخرى من أمراض الانسان التي يحتاج انتشارها إلى وجود كثافة سكانية هي الحصبة، الجديرى، الروبيللا (الحصبة الالمانية)، التهاب الغدة النكافية، تشترك كل الامراض السابقة في عدة ظواهر.



شكل ٤١-٦: عدد حالات الشلل لكل ٠٠٠, ١٠٠ من السكان في الولايات المتحدة من ١٩٤٠ الى ١٩٦٥. لاحظ الهبوط الشديد الذي سببه ادخال فاكسين سالك Salk.(معتمدة على ج. ر. بول، ١٩٧١، وأعيد رسمه من سير ماكفارلين بوزنت، ز د.و. هوايت، التاريخ الطبيعي للأمراض المعدية، الطبعة الرابعة مطبعة جامعة كمبردج ١٩٧٢).

فكلها تسبب امراضا حادة ولكنها تمكث فترة وجيزة، الفترة التي تصبح فيها الفريسة ناقلة للعدوى هي فترة قصيرة ايضا، ينتهي المرض اما بالموت او بالتخلص نهائيا من الطفيل وكذلك بوجود مناعة طوال حياة الفرد غالبا ولهذا السبب لايمن للطفيل ان يستمر في البقاء الا إذا وجد افرادا اخرين لديهم القابلية للعدوى خلال فترة وجيزة عندما يكون العائل ناقلا للعدوي. ولذلك فان نجاح الطفيل في احداثة للعدى بسرعة وجود تعداد مرتفع وغير منيع ضد الاصابة. ولكن قد يكون ظهور وباء سابق لنفس المرض او وجود برنامج لهذا المرض سببا في وجود افراد كثيرين اكتسبوا مناعة ضد هذا المرض وبذلك يفشل انتقال الطفيل.

وكان ادخال التلقيح المناعى ضد الدفتيريا عام ١٩٤١م في انجلترا، ويلز سببا في الحد الكبير من اعداد الاصابات بهذا المرض (الشكل ٤١-٧). ويبقى هذا الوضع ثابتا منذ هذا الوقت، لو انه لايمكن حماية كل الاطفال باية وسيلة. وعلى اية حال، فلطالما اكتسب اكثر من ٥٠٪ من الاطفال المناعة، تصبح فرص حدوث الوباء قليلة جدا. كل هذا يدلنا على ان احداث المناعة ضد طفيليات تعتمد على وجود كثافة عالية من

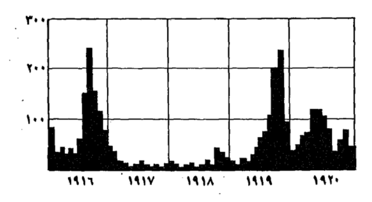


الشكل ٤١-٧: حالات الدفتريا في انجلترا، ويلز منذ عام ١٩١٦ الى عام ١٩٦٠. لاحظ الهبوط الشديد في الحالات بعد ادخال المناعة عام ١٩٤١. ولو ان جميع تأثير الأطفال الذين لم يلقحوا لأكتساب المناعة، فان تلقيح أغلب الأطفال منع من انتشار الوباء. من ف. ت. بيركنز، مجلة الجمعية الملكية للفنون، ٦٣: ٨٢، ١٩٦٥.

السكان تمثل مشكلة عامة وخاصة من ناحية الانجاز الصحى. وفي السنوات الاثنى عشر الاخيرة، نجحت برامج التلقيح المناعي المكثفة في الاقلال من حالات مرضى الحصبة والتهاب الغدة النكفية في الولايات المتحدة الامريكية حتى ٩٠٪ في كل منهما، ٨٠٪ في حالة الحصبة الالمانية.

وتعيش الامراض التي تعتمد على الكثافة السكانية افضل في المدن، مع ذلك فهي تعتمد ايضا على الورود الدوري لمحاصيل جديدة من الافراد القابلين للمرض، الذي يحدث عن طريق الهجرة إلى الداخل. وحتى في الازمنة الحديثة كانت الهجرة الداخلية في الواقع مقتصرة على نزوح الريفيين إلى المدن حتى يمكن للأخيرة الاحتفاظ باعداد سكانها في وجه الاوبئة المتكررة. والمصدر الاخر للافراد الجدد القابلين للعدوي هم الاطفال المولودين. ويبين الشكل ٤١-٨ حالات الاصابة بالحصبة في جنوب استراليا من عام ١٩١٦م وحتى ١٩٢٠م. لاحظ الغياب النسبي للحصبة بعد وباء ١٩١٦م - والذي انتهى عام ١٩١٩م عندما اصبح الاطفال الجدد القابلين للاصابة يشكلون الكثافة العددية المطلوبة.

والاحتياج إلى كثافة عددية عالية والوصول الدوري لمحصول جديد من الافراد القابلين للاصابة يجعل من تلك الطفيليات التي تعتمد على الكثافة العددية هي المناسبة تماما للمعسكرات الحربية. فالحصبة والالتهاب السحائي (Meningitis) البكتيري



الشكل ٤١-٨: الأبلاغ الشهري للحصبة في جنوب استراليا من ١٩١٦ حتى ١٩٢٠ بعد وباء رئيسي عام ١٩١٦، أصبح أغلب السكان ذوى مناعة. لابد لوباء جديد أن ينتظر محصولا طازجا لأطفال ذوى حساسية. أعيد رسمة بتصريح من سير ماكفارلين بورنت، د. و. هوايت، التاريخ الطبيعي للأمراض المعدية، الطبعة الرابعة، مطبعة جامعة كمبردج، ١٩٧٢.

والنيمونيا البكتيرية والانفلونزا تعتبر من بعض تلك الامراض الوبائية التي تكتسح الاماكن الحربية الكبيرةالتي يؤمها اعداد كبيرة عابرة. ووباء الانفلونزا الاسبانية الذي انتشر في جميع انحاء العالم وقضى على نحو ٢٠ مليون فرد في سنتى ١٩١٨م ـ ١٩١٩م كانت بدايته في الاعداد الكبيرة من جنود الحرب العالمية الأولى، وانتقل إلى بقية انحاء العالم، متخذا نفس طرق تحرك الجنود.

وتسبب الكثير من تلك الامراض المعتمدة على الكثافة العددية في حدوث الكثير من الاوبئة المدمرة للانسان. ولقد سبق بالفعل ذكر الموت الكبير في القرن الخامس عشر والذي اكتسح فيه باسيلس الطاعون جميع انحاء اوروبا. وحتى الامراض التي نعتبرها ذات اهمية بسيطة، وهي التي تحدث مجرد مضايقات بسيطة، يمكنها ان تتسبب في موت الكثير إذا ما تمكنت من تعداد مجرد كلية من الحماية. فعندما استقر الحجاج في نيوانجلاند عام ١٦٢٠م، وجدوا تعدادا من الهنود الامريكان يبلغ فقط ١٠٪ من تعدادهم السابق الذي كانوا عليه منذ سنوات قليلة، إذ قد تعرض هذا التعداد الهندي إلى عدة اوبئة مثل الطاعون وربما الحصبة ايضا، التي ادخلها معهم بعض المكتشفين الاوروبيين قبل ذلك بعدة سنوات. وفي القرن التاسع عشر، احدث ادخال الحصبة إلى بولينيزيا وباءا رهيبا ادى إلى مقتل نحو ١/٥ السكان، ولربما ان هؤلاء الموتى لم يصابوا من قبل بفيروس الحصبة.

ويمكن للمرء ان يجادل في ان الطفيل الذي يقتل او يتسبب في حدوث مناعة مستديمة في عائله لهو طفيل فقير في ملاءمته. والامثلة التي اوردناها كانت لامراض ربما لم تكن موجودة قبل سكني الانسان في المدن، لذلك توفرت للانسان عدة الاف قليلة فقط من السنين وهذه الاحياء من الطفيليات كي تتلاءم مع بعضها بالبعض.

ولكن من المؤكد ان الانسان كان يقع دائما تحت هموم الطفيليات. نعم وربما بطفيليات تختلف تماما في سلوكها عن تلك التي كنا نناقشها من قبل. ولنختبر الان مجموعة ثانية من امراض الانسان، هي مجموعة تحتوي على امراض مثل السل والبرص والملاريا والدوسنتاريا الاميبية والبلهارسيا، هي عامة من الامراض المزمنة، إذ يبقى الطفيل لمدة طويلة جدا داخل عائلة، ويبقى العائل طيلة او غالبية هذه المدة ناقلا للعدوي، وتسبب تلك الامراض فقط مناعة ضعيفة. ولكل تلك الاسباب، فان الطفيليات التي تسبب تلك الامراض ليست من الطفيليات التي تعتمد بكثرة على

الكثافة العديدة والتي ناقشناها مبكرا. ويمكن لهذه الطفيليات ان تبقى لمدة غير محدودة في تعداد صغير ومعزول من السكان، لربما كانت تتطفل على الانسان منذ نشأته الاولى، لذلك كان هناك وقت كاف لنشوء وتطور علاقة مشتركة بين العائل والطفيل.

ولقد راينا كيف ان البروتوزوا التي تسبب الملاريا ومرض النوم الافريقي وديدان الدم المفلطحة التي تسبب البلهارسيا تتجنب الاستجابات المناعية التي يفرضها عليها العائل. فبينما تستمر الطفيليات الساكنة في الانحناء للاستجابات المناعية للعائل، نجد ان الاجسام المضادة التي انتجها العائل قد تكون فعالة ضد وصول حفنة جديدة من الطفيليات. ويبدو من ذلك كأن الغزاة الاول تعمل على التاكد من ان رفاهيتها غير معرضة للخطر بالاصابة الجديدة (Superinfection) اي تزاحم الطفيليات المتنافسة. وتوزيع الجين الخاص بالهيموجلوبين المنجلي (Hbs) لابد وان يمثل ايضا ناتج تاريخ طويل من التطور المشترك للطفيل *(P. falciparum)* والعائل. لذلك فالطفيليات المذكورة هي اصدقاء قدامي. وبينما نجد انها لا تسبب اوبئة خطيرة كما يفعل بعض من الطفيليات الحديثة، الا ان مكافحتها او ابادتها تعتبر من المسائل الصعبة.

٤١-٦ : العلاج الكيميائي CHEMOTHERAPY

كانت فترة الحرب العالمية الثانية من اولى العلامات التي نجحت فيها استخدامات العقاقير الكيميائية والتي، إذا ما ادخلت في جسم مصاب بمرض معدى، فانها تدمر الطفيل بدون تدمير الانسجة، كانت هذه هي عقاقير السلفا والاجسام المضادة. ومما يدعو للدهشة ان نتحقق من امكانية المكافحة المباشرة للطفيل بعدد صغير من الاسلحة، لكن بالتفكير دقيقة واحدة يمكن توضيح كيفية حدوث ذلك. فالكثير من النشاطات البيوكيمياوية للاشياء الحية تتقاسمها كل الكائنات، ابتداء من الميكروبات حتى الانسان. كما ان هناك طرق متعددة تتداخل في ذلك، على سبيل المثال، مثل اعاقة نقل الالكترونات في انزيمات السيتوكروم باستخدام السيانايد. وعلى اية حال فجرعة واحدة من السيانايد يمكنها قتل الطفيل والمريض ايضا. وعلى هذا فلابد من البحث عن بعض نشاطات التمثيل الحيوى الرئيسية للطفيل والتي لا يشترك معه فيها العائل واستخدام تلك النشاطات للوصول إلى اختيارات الطفيل.

ولقد ادرك علماء الهستولوجيا (علماء علم الاحياء الذين يقومون بدراسة على

الانسجة) منذ سنين ان بعض الاصباغ الحيوية متخصصة في سلوكها، إذ انها تصبغ انـواعا خاصة من الخلايا دون غيرها. وبإتباع هذا اللغز، حاول عالم البكتيريولوجيا الالماني بول اهرليش (Paul Ehrlich) ايجاد مادة تتخصص فقط في انتخاب او اختيار الاسبيروكيت (Spirochette) الذي يسبب مرض الزهري (Syphilis) الخبيث، وبذلك يمكن قتـل الاسبـيروكيت دون قتل العائل. وبعد بحث طويل وصبور، وجد بول اهرليش هذه المادة، وبذلك بحلول عام ١٩١٠م ولدت اول مادة وهي السالفرسان (Salvarsan) مصنعـة كعامل علاج كيمياوي (Chemotherapeutic).

وهنـاك عالم المـاني اخـر هو جيرهـارد دوماجك (Gerhard Domagk) اتبع طريق اهرليس، في عام ١٩٣٢م اكتشف دوماجك ان صبغة حمراء تسمى برونتوسيل (Pron-tosil) كانت فعالة ضد الاستربتوكوكس التي اصابت جسم ابنتة. وفيما بعد اكتشف كيميائي فرنسي ان كل متبقيات مادة البرونتوسيل ماهي الاجزء من جزئى، هذا الجزء وهـو ليس بصبغـة على الاطـلاق كان مـادة السلفـانيلاميـد (Sulfanilamide) وهي اول افراد عائلة كبيرة من مستحضرات السلفا والتي امكن تحضيرها في الوقت المناسب لتلعب دورا رئيسيا في الاقلال من عدد خسائر الافراد في الحرب العالمية الثانية.

ويعتمد مفعول مستحضرات السلفا على المحاكاة الجزيئى. فكل الكائنات تحتاج إلى حمض الفوليك احد فيتامينات المجموعة ب لكل تنمو. وكل انواع البكتيريا يمكنها تخليق حمض الفوليك من كتل بنائية ابسط، احدها حمض البارا ـ امينوبنزويك (PABA) ونظرة سريعة الـى الشكل ٤١-٩ توضح التشابة بين (PABA) وجزيئات السلفانيلاميد وإذا ما وجدت زيادة او فائض من السلفانيلاميد في بيئة، تستخدمها البكتيريا بدلا من (PABA) ولكن، بعملها هذا تفشل في انتاج حمض الفوليك الضروري لها. وإذا ما احتجنا إلى حمض الفوليك ـ ايضا ـ فلماذا يعتبر مركب السلفانيلاميد غير قاتل لنا ولكنه قاتل للبكتيريا. والاجابة هو ان جزيء حمض الفوليك ماهو الا فيتامين لنا، اي انه لا يمكننا تخليقه. وهنا يكون عندئذ اختلافـا كيميائيا حيويا بين العائل والطفيل والذي يمكن تسخيرة في قتل أحدهم دون قتل الاخر.

ولو ان اكتشاف وتسخير هذه الاختلافات كانت بطيئة، فانه يمكن الان ابادة بعض من الديدان والاوليات التي تصيبنا كيميائيـا. وبرهنـت مادتـي الكلوروكوين (Chloroquine) و الـبريمـاكـويـن (Primaquine) على سبيل المثـال، على اهميتهما

حمض الفوليك
حمض بارا أمينو بنزويك
سلفانيلاميد

شكل ٤١-٩ . المحاكاه الجزيئية هامة في فعالية أدوية السلفا . وباعطائها مع السلفانيلامين، تنخدع البكتيريا في استخدامها بدلا من (PABA) لتخليق حمض الفوليك الخاص بها . ونحن لانتأثر بطريقة مماثلة لأننا نؤمن حمض الفوليك لأجسامنا والذي يكون جاهزا في غذائنا، أي أنه بالنسبة لنا فهو فيتامين .

القصـوى في علاج الاصـابـات بالملاريا . وخطوة تلو الخطوة، امكن انتاج اسلحة كيميائية فعالة ضد اوليات طفيلية اخرى .

ولقـد تاخـر انتـاج عقـاقير مضادة للفيروسات كثيرا خلف انتاج العقاقير المضادة للبكتيريا . وعلى اية حال، لقد تم اكتشاف بعض تلك العقاقير ذات الفعالية والسلامة في نفس الوقت والتي بدأ استخدامها في العلاج الكيميائي.فمادة اسايل كلوفير (Acylcol-vir) مادة فعـالة ضـد الاصابات بفيروس القوباء البسيط وهو مرض جلدي ، كما ان مادة الميثيزازون (Methisazone) اثبتـت فعـالـيـة ضد فيـروس الجديـرى ، لكن يبـدو الان ان الحـمـلـة المنـاعيـة التي تقـوم بها الهيئـة الصحيـة العـالميـة ستجعـل من الميثيـازون دواءا بدون مرض، اظهـرت مادة هيـدروكلوريد الامانتاديـن (Aman-tadine Hydrochloride) فعالية ضـد فيروسات الانفونزا من النوع A.

٤١-٧ : المضادات الحيوية : ANTIBIOTICS

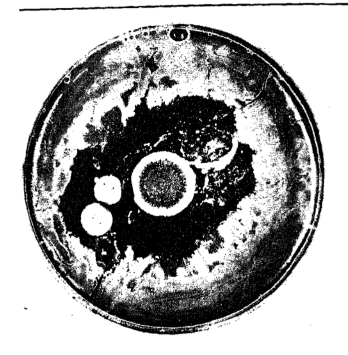
لايوجـد اختـلاف اسـاسي بين المضادات الحيوية والعقاقير الكيمياوية التي تمت مناقشتها من قبل . ففي كلتا الحالتين، يوجد تدخل لجزيئات معينة ، واصبح تحضير المضادات الحيوية داخل المعامل ممكنا في الغالب كذلك . وعلى اية حال فان كل مضاد حيوي تم اكتشافة في اول الامر كان افراز الفطر او بكتيريا يمنع نمو البكتيريا الاخرى . واول، فـي كثـير من الاحيـان لايـزال الاحسـن، مضاد حيـوي كـان البنيسيلين . ونشأ اكتشافـه من ملاحظـة للعالم الكسندر فلمنج (Alexander Fleming) الذي لا حظ

منع النمو البكتيري في طبق به بيئة لوثت بالصدفة بفطر من جنس بنيسيليم *(Penicil-lium)* الشكل ٤١-١٠. وكانت اهمية هذا الكشف هو العمل على خلق تكنيك للانتاج الغزير للبنيسيلين لاستخدامة في الحرب العالمية الثانية. ومنذ ذلك الوقت تم اختيار مئات الالاف من عينات الفطر والبكتيريا في المعامل في جميع انحاء العالم للبحث عن النشاط المطلوب للمضادات الحيوية. وإذا ما تم العثور على هذه المادة، فانها تختبر لمعرفة مدى سلامتها. والقليل من تلك المضادات الحيوية هي التي اجتازت هذه الصعوبات، ولكن مواد الكلورومفينيكول Chloromphenicol والتي تباع تحت اسم كلوروما يسين Chloromycin، ستربتومايسين Streptomycin التتراسيكلينات Tet-racyclines ومنها الاوريومايسين Aureomycin، والتيرامايسين Terramycin، وبعض المضادات الحيوية الاخرى، كلها الان انضمت إلى البنسلين كسلاح في الحرب ضد الاصابات بالبكتيريا.

واكتشاف كل من تلك المضادات الحيوية كان نتيجة عملية اختبار، اي ببساطة محاولة ايجاد مادة فعالة وآمنة بدون التفكير في طريقة عملها داخل الجسم. وعموما، فالابحاث التالية اثبتت ان الخاصة الاختيارية او التخصصية لكل مضاد حيوي كما هو الحال في مادة العلاج الكيمائي - تعتمد على التدخل في طريقة التمثيل الحيوي للخلية البكتيرية والتي لاتوجد في العائل. فالبنسلين على سبيل المثال، يظهر مفعولة المضاد للبكتيريا، بايقافة تصنيع جدار البكتيريا البيبتيدوجليكاني (Peptidoglycan) وهو مركب ضروري للمجموع الكروموسومي (انظر الشكل ٣٦-٣). ويوجد عدد آخر من المضادات الحيوية يعيق عمليات خطوات تخليق البروتين والتي من خواص البكتيريا ولكن لاتعيق تلك المضادات هذه العمليات في الكائنات الارقى. ومع ذلك فعملية الاختيار اي التخصص غير مطلقة، إذ ان البلاستيدات الملونة (Chloroblasts) والميتوكوندريا والاكثر اهمية في حيوية الانسان بها أجهزة تشبة تلك التي تقوم بخلق البروتين في البكتيريا وبذلك فهي عرضة لمنع المضادات الحيوية لانشطتها.

٤١-٨: المناعة السلبية: PASSIVE IMMUNITY

تمثل المضادات الحيوية سلاحا اضافيا ضد الطفيليات. ورأينا في الباب الرابع والعشرين كيف ان المضادات الحيوية متخصصة في مفعولها. فبعد الاصابة قد يتكون



شكل ٤١-١٠: نمو البكتيريا على الاجار في طبق التربية هذا تم ايقافة قرب المستعمرات الثلاثة المستديرة للفطر المنتشر *Penicilium. notatum* البنيسلين المضاد الحيوي، الخارج من المستعمرات، هو المسئول عن هذا التأثير. بتصريح من ميرك، شركاة.

عنصر اولى للاستجابة للمناعة انظر قسم ٦٤-٢ بسرعة كافية يعكس سير المعركة. وفي بعض الحالات، على اية حال، قد توجد اسباب وجيهة لعدم الانتظار حتى يمكن للعائل ان يعتمد على الاستجابة المناعية الاولى ضد المسبب المرضي. فاذا ماكانت العقاقير الكيميائية غير فعالة مثل الاعراض المتسببة عن فيروسات كالشلل (Polio) وعندئذ يمكن ادخال اجسام مضادة داخل المريض سبق انتاجها في حيوانات اخرى كالاغنام والخيل او انسان اخر. واستخدام مضاد السيرم (Antiserum) هذا من حيوان اخر يؤدي الى احداث مناعة مؤقتة وسريعة في جسم المريض،وتسمى مثل تلك المناعة سلبية "Passive" لانها لا تنتج بسبب الميكانيكية المناعية لجسم المريض بذاتة.

ولاعطاء مثل على ذلك، اذا ما حقنت كميات تحت مميتة من توكسين التيتانوس في حصان او في نعجة،ويكون الحيوان مضاد للسم (Antitoxin) وباجراء عملية نزيف للدم دوريا من الحيوان واخذ السيرم منه، فانه يمكن الحصول على مضاد التوكسين واستخدامة في علاج الانسان المريض والذي اصابته بكتيريا التيتانوس من شظية او من اي جرح. ولسوء الحظ ، فانه توجد بعض الحساسية للبروتينات الغريبة الموجودة في المزيج. ولذلك، فالافضل كثيرا استخدام سم التيتانوس (Tetanus Toxoid) لانتاج المناعة النشطة لنفس الفرد، لو انه لابد اجراء ذلك قبل حدوث الاصابة الفعلية.

وجزء من جاما ـ جلوبيولين دم الانسان البالغ قادر على احتواء اجسام مضادة لعدد

من الكائنات المرضية المعروفة. ولهذا السبب، فان هذا الجزء من جاما ـ جلوبيولين دم افـراد متطوعين غالبا ما يستخدم كمضاد سيرم. ويمكن الحصول على حماية مؤقتة للاطفال او للبالغين المعرضين للوباء الكبدى او الحصبة بحقن الجلوبيولين المانع (Im-munoglobulin IG) من كثير من المتطوعين.

٤١-٩ : اجراءات الصحة العامة : الاحتمالات المتوقعة :

PUBLIC HEALTH MEASURES: THE OUTLOOK

ان اجراءات الصحة العامة والعلاج الكيميائي والتي نوقشت في هذا الباب تكون قصة نجاح يمكننا ان نفخر بها، لكن كان لها كذلك اثارا غير مرغوبة. وعلى سبيل المثال، كان للاستخـدام الواسع للمضادات الحيوية اثرا في تغيير ضغط الانتخاب الطبيعي لدرجة انه اصبح من الضروري الاختبار او الانتخاب لهؤلاء القادرين على تحمـل اثـار استخـدام تلك العقاقيـر. فالبكتيريا من النوع (Staphylococci) والتي اكتسبت مناعة ضد البنسلين اصبحت تشكل الان مشكلة كبيرة في المستشفيات. وفي الحقيقـة اكتسب الكثـير من انـواع البكتيريا المرضية الان مناعة لعدد من المضادات الحيوية ويعتبر هذا من التهديدات الخطيرة التي تواجهنا.

ولقد قلل ادخال الوسائل الصحية الفعالة باستمرار من حدوث مثل تلك الامراض كالتيفود ولكنها زادت من حالات حدوث الشلل، وذلك لان فيروس الشلل والذي يخرج مع الـبراز، يحدث عادة مرضـا خفيف الـوطأة وتبعا لذلك يسبب المناعة ـ في الاطفـال. ومع الوسائل الصحية المتقدمة، ينجوا الاطفال من التعرض للفيروس، فاذا، صادفهم الفيروس لاول مرة سواء اكانوا اطفالا ام بالغين يكون المرض خطيرا. ولحسن الحظ، فالتلقيح لاحداث المناعة ضد الشلل في جميع انحاء العالم الان زاد من الامل في التخلص من هذا الفيروس لدرجة الابادة.

واخيرا، فانتصاراتنا الباهرة على الامراض الوبائية زادت من الامل في الحياة وبهذا يزداد تعـداد الناس، ولاندري ان كانت لدينا الامكانية البيئية التي تمكننا من توفير الغذاء لهذا التعداد المتزايد والذي اصبح يشكل معضلة كبري للجنس البشري.

ملخص الباب CHAPTER SUMMARY

يزداد حجم أي تعداد عندما يزيد معدل الولادة عن معدل الوفاة. ولقد انخفضت معدلات الوفاة في تعداد الانسان في القرن الاخير، ويرجع الفضل الاكبر إلى زيادة انتاج الغذاء والهبوط الشديد في التكاليف التي تصرف على الأمراض الوبائية.

وبمجرد دخول الطفيل داخل جسم عائله فهو إما ١: يقتل العائل، ٢: يقتل بواسطة العائل، ٣: يعيش مع عائله سويا لفترة غير محدودة من الزمن. و حدوث أي من تلك الأحوال الثلاثة السابقة يعتمد على ١: عدد الطفيليات الغازية، ٢: قدرتها على نقل المرض، أي شدة الضرر الذي تحدثه، ٣: عمليات الدفاع الطبيعي للعائل، ٤: مقدرة أي علاج يتناوله المريض.

وتقاوم الفقاريات الطفيليات الغازية بعدة وسائل، بما فيها إلتهامها بخلاياها الالتهامية (Phagocytic cells) وتصنيع أجسام مضادة تساعد في تدمير الطفيليات.

ويوجد قسمان كبيران من الامراض المعدية في الانسان.

١ ـ تسبب بعض الطفيليات أمراضا قصيرة الأمد والتي غالبا ما يتبعها إما موت العائل أو إستئصال الطفيل ومناعة طويلة البقاء. وفي كلتا الحالتين يكون المريض ناقلا للعدوى لفترة ولكنها قصيرة، وتعتبر الحصبة وإلتهاب الغدة النكفية والجديرى أمثلة على ذلك. وتلك الامراض شديدة الاعتماد على الكثافة العديدة، فهي تستمر في التعدادات (Populations) التي تحتوي على أفراد بهم اعداد كبيرة قابلة للعدوي ويعيشون بالقرب من بعضهم البعض حتى يمكن للطفيل الانتقال بسهولة من شخص إلى اخر.

٢ ـ تبقى بعض الطفيليات طيلة الحياة داخل العائل ويفشل العائل في تكوين مناعة فعالة ويبقى العائل ناقلا للعدوي طوال الوقت، ومثل تلك العدوى هي التي لا تعتمد على الكثافة العددية، كما يمكنها البقاء لمدة غير محددة في الاعداد الصغيرة من الافراد. الملاريا، السل، البلهارسيا أمثلة عامة على ذلك.

ومنذ الحرب العالمية الثانية، حدث تزايد مستمر في عدد الادوية، فمثلا المضادات

الحيوية تم اكتشافها لقتل الطفيل دون الاضرار بالعائل. وفي كل حالة، يؤثر الدواء في احدى العمليات الحيوية للطفيل والتي لاتوجد في العائل.

تمارين ومسائل: EXERCISES AND PROBLEMS

١ ــ ماهي المشاكل التي يجب أن تتغلب عليها كل الطفيليات الداخلية. كيف أمكن حل تلك المشاكل الناجمة عن دودة الخنزير الشريطيـة، وجرثومة الملاريا *Plasmodium vivax*، البلهارسيا *Schistosoma mansoni*.

٢ ــ بالنسبـة لـدودة الخنـزير الشريطية *(Taenia solium)* لماذا نقـول بأننـا العائل الأخير وبأن الخنزير هو العائل الوسطى وليس العكس.

٣ ــ مـاذا كـان معـدل الزيادة الطبيعية (r) في سيلان (سري لانكا) في عام ١٩٢٠. ١٩٥٠. إشرح التغيير.

٤ ــ فرق بين توكسيد (Toxoid) ومضـاد سم (Antitoxin) التيتانوس من حيث: أ ـ طريقـة التصنيع، ب ـ ميكـانيكية عمله داخـل الجسم، ج ـ الاستخدام الطبي الأمثل.

٥ ــ قيم الحصبة والملاريا بالنسبة الى

أ طول مدة المرض، ب القدرةعلى مقاومة المرض في اعداد منعزلة

ج طول مـدة نقل العدوى، د نقل المرض بناقل المرض (vector)

هـ طول مدة المناعة التي حصل عليها العائل، و طول مدة بقاء الطفيل داخل العائل.

المراجع: REFERENCES

1. BROCK, T. D., ed., Milestones in Microbiology, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N. J., 1961. Reprinted in 1975 by the American Society for Microbiology. A paperback that includes:

a) Edward Jenner's paper on producing immunity against smallpox by inoculation with cowpox virus.

b) Alexander Fleming's report on the antibacterial action of material from cultures of *Penicilium*.

c) Gerhard Domagk's report on the antibacterial action of prontosil a dye that is converted in the body into sulfanilamide.

d) Donald D. Wood's analysis of the molecular mimicry by which sulfanilamide exerts its antibacterial effect.

2. HILLEMAN, M. R., and A. A. TYTELL,"The induction of Interferon", Scientific American, Offprint No. 1226, July, 1971.

3. BURNET, SIR MACFARLANE, and D. O. WHITE, Natural History of Infectious Disease, 4th ed., Cambridge University Press, Cambridge, 1972. This little classic should be read by every serious student of biology.

4. LANGER, W. L., "Immunization against Smallpox before Jenner", Scientific American, January, 1976. Before Jenner, many doctors deliberately inoculated the smallpox virus into the skin in order to produce a mild but immunizing case of the disease. The procedure was called variolation.

5. HENDERSON, D. A., "The Eradication of Smallpox", Scientific American, October, 1976.

6. BURKE, D. C., "The Status of Interferon", Scientific American, Offprint No. 1356, April,1977. Its mechanism of action and therapeutic promise.

CHAPTER 42 الباب الثاني والأربعون

بيئة الانسان ٢: التنافس على الغذاء

HUMAN ECOLOGY II: COMPETING FOR FOOD

الباب الثاني والأربعون

بيئة الانسان ٢: التنافس على الغذاء

٤٢-١ . قدرة البيئة على التحمل :

THE CARRYING CAPACITY OF THE ENVIRONMENT

إن قدرة بيئة أي نوع تتوقف في النهاية على كمية الطاقة التي يمكن لهذا النوع أن يحبسها (Trap) ، وفي الباب السابع والثلاثين، ناقشنا انطلاق الطاقة في العشائر (Population) المختلفة إبتداء من ذاتية التغذية إلى شاذية التغذية، وتعلمنا الفقد الكبير في الطاقة الموجودة أثناء إنتقالها أي إنسيابها من مكان إتصال او رابطة إلى آخر في سلسلة الغذاء . ويضع هذا الفقد حدوداً صارمة للمجموع الحيوي (Biomass) للتجمعات في كل مستوي غذائي. ومشكلة النوع الانساني النامي، على الأقل من ناحية حبه لنفسه، هو كيف يفني او يكسر طاقة أكثر في تجمعنا الحيوي. ومثل هذا التقدم التكنولوجي الزراعي كتربية نباتات تعطى محصولاً أوفر، وجهود آلات زراعية أكبر وأكثر كفاءة، والاستخدام الاكثر للمخصبات الزراعية والري كلها لعبت أدواراً رئيسية في زيادة قدرة بيئتنا. ولسوء الحظ، فان هذا التقدم ينتج عنه استفادة لمدة قصيرة في الغالب على حساب الضرر الطويل المدى للبيئة (Ecosystem) بسبب التغذية الجيدة (Eutotrophication) واستنزاف المخزون من الوقود الحفري وتآكل التربة، الخ. وكل تلك الأوجه غير السعيدة لتشتيت الطاقة أو بعثرتها في المجاميع الانسانية قد تمت دراستها في أبواب سابقة، لذلك لن نذكر عنها هنا اكثر من ذلك.

وقائمتنا عن المتنافسين على الغذاء طويلة جداً، بدءاً من حيوان الراكون (Racoon)

الذي ينزع كوز الذرة في عائلة مجموعة الذرة (Corn Patch) إلى ديدان النيماتودا (من الديدان الاسطوانية) التي تتغذى على جذور نبات الذرة بالنسبة للضرر الشامل، على أية حال، فان منافسونا الأساسيون هم الحشرات (الشكل ٤٢-١)، والفطريات والحشائش.

٤٢-٢: مخاطر زراعة المحصول الواحد THE HAZARDS OF MONOCULTURE

وبما أن كفاءتنا في زراعة المحاصيل قد زادت، يجب أن تزيد أيضا مجهوداتنا للحد من أعداد المنافسين لهذه المحاصيل. والسبب في ذلك في الحقيقة بسيط للغاية. فالزراعة الجيدة للمحاصيل تتطلب الزراعة الفردية، أي وجود محصول واحد قائم، إذ أن هذه الزراعة الموحدة (أو الفردية) تزيد من كفاءة إتباع الطرق الزراعية الجيدة والاستخدام الأمثل للآلات الزراعية من أول خطوات الزراعة إبتداء من تجهيز الارض حتى جنى المحصول. ولكن الزراعة الموحدة - أي زراعة المحصول الواحد - تزيد كثيرا أيضا من قدرة البئية على دعم المنافسين على هذا المحصول. فالمساحات الشاسعة من نباتات القطن تزود دودة لوز القطن بكميات هائلة من الغذاء مما يجعلها قادرة على



الشكل ٤٢-١: حقل أذرة قبل وبعد غزو النطاطات والجراد. (بتصريح من وزارة الزراعة الأمريكية).

الدخول في فترة سريعة من تكاثرها العددي الهائل. ولانه في الزراعة الموحدة تكون نباتات نفس النوع متجاورة في النمو، يكون إنتشار تعداد الآفة سهلا على جميع المساحة المنزرعة للمحصول.

و العمليات الزراعية في منطقة التسمباجا (Tsembaga) في غينيا الجديدة التي ناقشناها في الباب السابع والثلاثين (انظر قسم ٣٨-٢)، تزودنا بمثال مناقض تماما لنظام الزراعة الموحدة. فكل حديقة من الحدائق المبعثرة في تلك المنطقة تحتوي على نحو ٢٤ من نباتات الغذاء المختلفة كالبطاطا، التارو، يامز، كاسافا، الموز، الهبسكسي، الفاصوليا، قصب السكر، غيرها) ولاتزرع تلك الاصناف في الحديقة الواحدة في صفوف - كل صنف يمثل نباتا معينا - لكنها تزرع مبعثرة ومتداخلة مع بعضها البعض. وتوجد ميزتان لهذا النظام من الزراعة، الميزة الاولى هي ان الجذور والمجموع الخضري لكل نبات منها توجد في طبقات مختلفة من التربة وفي مستويات مختلفة من تعرضها للضوء، على التوالي الشكل ٤٢-٢) وبذلك يقل التنافس بين النباتات ويزداد انتاجها تبعا لذلك. والميزة الثانية، هي أن غياب المحصول الواحد في المساحة كلها يقلل من انتشار الافات وتكاثرها. ولذلك استغنت منطقة التسمباجا عن استخدام المبيدات لضمان الحصول على محصول مرتفع، لكن كما رأينا، فان هذا النظام من الزراعة يتطلب عمالة كثيرة مما يجعلها غير عملية وغير ممكنة في عصر الدول الصناعية الحديثة.



شكل ٤٢-٢: عضو في حشائش تسمباجا في أسرة الحديقة. لاحظ النمو الكثيف المميز لحديقة التسمباجا. اذ تنمو مجموعة مختلفة من النباتات مختلطة مع بعضها. فجذورها ومجموعها الخضري تشمل مستويات مختلفة من التربة والضوء على التوالي. وغياب نوع نباتي واحد منزرع على مساحة كبيرة يقلل الفرصة على الافات بأن تنمى مجاميع كبيرة فتاكة. (بتصريح من دكتور روى أ. رابابورت).

٤٢-٣ : العمليات المبكرة في مجال مكافحة الافات :

EARLY PEST CONTROL TECHNIQUES

في سالف الايام، عندما كانت الايدي العاملة في المزارع متوفرة، كان في الامكان في نفس الوقت إحتمال الضرر الذي يحدث للمحصول، كانت الحرب ضد الآفات الحشرية من السهولة بمكان ولا تزيد عن جمع الآفة باليد وإبعادها من على كل نبات. ولقد اقترح س. و. كول (S. W. Cole) في كتاب الفاكهة الامريكي عام ١٨٤٩ التخلص من سوسة أشجار البرقوق بنشر قطعة قماش تحت الشجرة وهز الحشرات التي تسقط فوق القماش باستخدام مطرقة مكسوة بلباد لعدم جرح الأفرع عند ضربها بالمطرقة. وإقتصر إستخدام الكيمياويات على مواد غير ضارة مثل محاليل صابون زيت الحوت أو الماء المغمور به أوراق الدخان (علما بأن النيكوتين يستخدم اليوم كمبيد حشري).

وعلى اية حال، فبانتهاء القرن التاسع عشر بدأ الاستخدام الموسع لمبيدات الآفات. فاستخدمت المواد الغيرعضوية مثل زرنيخات الرصاص مع المواد العضوية المستخرجة من النباتات مثل البيريثرم والروتينون ضد الافات الحشرية. كما ان الفطريات المسببة لامراض النبات كوفحت بمواد غير عضوية مثل كبريتات النحاس، كلوريد الزئبق، الكبريت. وكوفحت الحشائش ميكانيكيا مثل حشها أورشها أحيانا بمادة زرنيخات الصوديوم.

ومن مضار المبيدات الغير عضوية سميتها المرتفعة للكائنات عامة وليس فقط للكائنات الضارة المراد مكافحتها، كذلك طول مدة بقائها بدون تحلل. إذ أنه رغم الابتعاد عن استخدام زرنيخات الرصاص بدرجة كبيرة بواسطة مزارعي التفاح لمدة عشر سنوات أو اكثر، إلا أنه مما يدعو إلى الدهشة أنها لازالت توجد تركيزات عالية من الرصاص في تربة تلك الحدائق.

وما زالت المبيدات العضوية المستخرجة من النباتات مثل البيريثرم والروتينون مرتفعة الثمن، هي شديدة السمية للحشرات ولكنها غير ضارة نسبيا للكائنات الأخرى فيما عدا الأسماك. وتتكسر تلك المبيدات بسرعة فلا يتبقى منها بقايا على النباتات أو في

التربة. ولسوء الحظ فهي غالية الثمن وتركيبها الجزيئي معقد لدرجة تمنع من تصنيعها تجاريا حتى الان لايجاد مبيدات مثيلة رخيصة الثمن بدلا من تلك المستخرجة طبيعيا من النباتات. [علما بأنه تم الآن ـ بعد طبع الكتاب الحالي تصنيع العديد من مبيدات البيرثرين تجاريا في المصانع بدلا من الطبيعية وتحت أسماء تجارية متعددة مثل كافل ١٠، ديـزيـس (Decis) البيرمثـريـن (Permethrin) وغيرها وأصبحت في متناول المزراعين بأثمان معقولة وتستخدم في الحقول ومصانع الاغذية والمنازل. هذا ولقد بلغ مفعول بعض تلك المواد المصنعة نحو ثلاثين ضعفا أو يزيد عن المواد الطبيعية]. وعلى اية حال، فان من أهم ميزات مواد البيرثرين (طبيعية أو مصنعة) أنه يمكن إستخدامها بطريقة إقتصادية في أغراض معينة بمزجها بمنشط (Synergist) مثل بيبرونيل بوتوكسايد (Pipronyl butoxide). المادة الاخيرة ليست مبيدا حشريا فعالا إذا ما استخدمت بمفردها، ولكن باضافتها للبيرثرينات، فهي تزيد بشكل ملحوظ من كفاءتها وبالتالي تقلل من الكمية المطلوب استخدامها من المادة البيرثرينية.

٤٢-٤ : الـ د. د. ت D. D. T

بابتداء الحرب العالمية الثانية، بدأ البيريثرم، الذي كان معظمه يستورد من كينيا، في الندرة. واستدعت أهمية مكافحة الحشرات اثناء الحرب في الاسراع في البحث عن مركب بديل عن البيريثرم، كان هذا البديل هو الـ ددت وهو مركب (الشكل ٤٢-٣) كان موضوعا على أرفف المعامل لعدة سنوات، علما بان فعاليته كمبيد حشري كانت معروفة ومعترف بها منذ أواخر عام ١٩٣٠.

ويمكن تصنيع الـ ددت بكميات هائلة بأسعار زهيدة، ويمكن إعتبار إستخداماته السريعة بواسطة القوات المسلحة بأنها تعادل مكانة تطور البنسلين وأدوية السلفا كمساعد رئيسي لتلك القوات إذا أدركنا حقيقة أن الحرب العالمية الثانية كانت الحرب الاولى في التاريخ التي قتلت فيها الصدمات (Trauma) أفراداً ـ أكثر مما قتلته الامراض الوبائية، لقد تم ذكر دور الـ ددت الذي لعبه في ايقاف التيفوس في ايطاليا عامي ١٩٤٣، ١٩٤٤.

وبحلول السلام بعد انتهاء الحرب العالمية الثانية، بدأ إستخدام الـ ددت على نطاق واسع في جميع انحاء العالم ضد مفترسات المحاصيل وكذلك ضد أعداء الانسان

د.د.ت (دايكلورو، داى فينايل، ترايكلورايثان)
باراثيون
كارباريل (سيفين)
ديلدرين

شكل ٤٢-٣: التركيب الجزيئي لعديد من المبيدات الحشرية الهامة. ددت والديلدرين يمثلان الهيدروكاربونات الكلورينية. الباراثيون منتشر الاستخدام وسام جدا وهو مبيد فوسفوري عضوي. الكارباريل هو مبيد كارباماتي. الحلقات المقفلة السوداء تمثل ذرات الكربون، والخطوط تمثل ذرات هيدروجين.

من الحشرات التي تنقل له الملاريا والحمى الصفراء (البعوض)، والطاعون (البراغيث). وكان الـ ددت فعالا على الخصوص ضد بعوض الملاريا بسبب مقاومته العالية للتحلل، أي لثباته، إذ يكفي منه رشة أو رشتين على الحائط كل سنة في منازل المواطنين لحفظها خالية من البعوض. وقبل إستخدام الـ ددت، كان عدد حالات الملاريا في سيلان (سري لانكا حاليا) تزيد على المليون كل سنة، وبحلول عام ١٩٦٣ إستئوصل المرض من الجزيرة. وعلى اية حال، فان ازياد الاهتمام بخطورة إستخدام الـ ددت ادى إلى الامتناع عن استخداماته في أواسط عام ١٩٦٠، وبعد ذلك بقليل ارتفعت حالات الملاريا ثانية.

وبالرغم من النجاحات المبكرة والتي لاتدعوا للجدل التي حققها الـ ددت، اتضح بسرعة أنه أصبحت له أضراره. ومنذ عام ١٩٦٤، ذكر البحاثة السويديون ظهور أعداد من الذباب المنزلي ذو مناعة ضد الـ ددت، مثل تلك التقارير سرعان ما ظهرت في جميع انحاء العالم. فظهر نحو ١٠٠ نوع من الحشرات ذات مناعة ضد الـ ددت ومنها البعوض وكثير من الآفات الحقلية. ولم يكن هذا الموقف المحزن بمستبعد، إذ انه كلما كانت الاستخدامات كثيفة للـ ددت كلما زاد ضغط الانتخاب الطبيعي لهذه الطفرات

الـوقتية من الذباب والبعوض والتي اصبحت منيعة، لم يستغرق هؤلاء الافراد ذوى المناعة طويلا لاخذ مكان أبناء عمومتهم.

والاستجابة لنمو المناعة ضد الـ ددت كان الاسراع في ايجاد مبيدات حشرية بديلة. والـ ددت هو أحد أفراد عائلة من المواد الهيدروكاربونية الكلورينية (Chlorinated hyd-rocarbons) والتي لها خواصها المبيدة للحشرات أيضا والتي منها المبيد ميثوكسكلور (Methoxychlor) والمستخـدم على نطاق واسـع على سبيل المثـال. وعلى اية حال، فالحشرات المنيعة للـ ددت عندها القدرة لان تكون منيعة كذلك لاقربائة من المبيدات.

وتـوجـد مبيدات أخـرى هيدروكـاربـونية كلورينية، مثـل الالـدرين، ديلدرين واندرين، لها تراكيب جزيئية مختلفة تماما عن تركيب الـ ددت وبعض من هذه المبيدات أثبت نجـاحـا ضد الحشرات المنيعـة للـ ددت ولكن المبيدات المذكورة اكثر سمية ـ للانسان والحيوانات البرية ـ من الـ ددت، في نفس الوقت الذي تشارك فيه الـ ددت في طول مدة بقائها على المحاصيل وفي التربة.

وفي ٣١ ديسمـبر من عام ١٩٧٢، منـع استخدام الـ ددت في الولايات المتحدة الامريكية للاغراض الصحية العامة، واتخذ هذا الاجراء نتيجة التحذيرات المستمرة بان الـ ددت أثـر فـي المجـال الأحيائي (Bioshpere) بطرق فاقت تقليلة لأعداد بعض الآفـات واسراعة في زيادة أعداد الآفات الحشرية التي تكتسب مناعة ضد الـ ددت والتحسن الذي طرأ على طرق التحاليل المعملية والتي سمحت في اكتشاف الـ ددت في تركيزات منخفضة جدا، واثبتت ان الـ ددت أوسع إنتشارا في البيوسفير عما كان يظن من قبل. فاختبار أنسجة أفراد عُرضت مباشرة للـ ددت عن طريق العمل في مصانع تصنيعه أو بعملهم في مزارع تستخدمه، أثبت وجود الـ ددت في دم هؤلاء الأفراد وفي أنسجـة أخـرى، خاصة الانسجة الدهنية. وعلى أية حال، كان تركيز الـ ددت في النسيج الدهني أعلى بكثير عن تركُيزة في الدم، في الغالب نحو ١٠٠٠ مرة ضعف ما هو في الدم. والـ ددت يذوب بسهولة في المذيبات الدهنية وقليل الذوبان في الماء، لذلك فليس من المستغرب أن نجده يفضل تخزينه في النسيج الدهني.

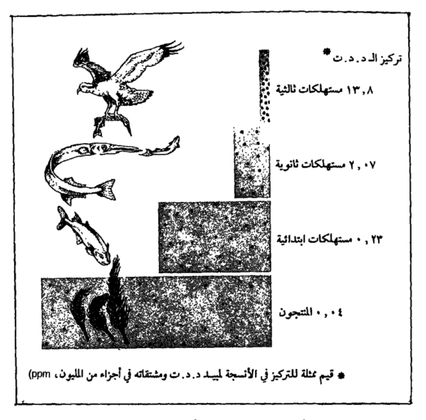
وطبيعي أن يظن الانسان أن الـ ددت يوجد فقط في الافراد الذي يقومون باعمال تعرضهم له، لكن على اية حال، اثبتت كل دراسة أجريت على التعداد العام للافراد

وجود بقايا الـ ددت ايضا في اجسامهم الدهنية جميعا. وبينما نجد ان متوسط تركيز الـ ددت في التعداد العام للولايات المتحدة الأمريكية الآن أربعة أجزاء في المليون، فان هذا المتوسط يخفي بعض الاختلافات المتضاربة في توزيع هذا الحمل من الـ ددت. فالافراد في جنوب الولايات المتحدة يوجد بأجسامهم ضعف التركيزات الموجودة في أجسام أفراد الشمال لوجود آفات منزلية اكثر في الاجواء الحارة ويحمل الامريكان السود بأجسامهم ضعف التركيزات الموجودة بأجسام الأمريكان البيض من نفس الأعمار والجنس والمكان أيضا. فمن أين جاءت هذه النسب من الـ ددت الموجودة في أجسام هؤلاء الافراد. من المحتمل أننا إبتلعنا الـ ددت في شكل متبقيات على الغذاء. ولكن كيف يمكن للانسان أن يفسر سبب وجود الـ ددت في النسيج الدهني للاسكيمو والذي لايحتوي غذاؤهم مطلقا على متبقيات الـ ددت. ربما توجد وسيلة أخرى لدخول الـ ددت إلى الجسم وذلك عن طريق إستنشاقه مع الغبار. وقد يأتي هذا الغبار المحمل بالـ ددت من الاستخدام المحلي للمبيد المذكور وذلك عند إستخدامه ضد الآفات المنزلية مثلا، أو ربما يكون هذا الغبار المحمل بالـ ددت منقولا إلى مكان يبعد عدة أميال عن مكان إستخدامة.

وهل هذه الاحمال من الـ ددت ضارة بالانسان. لايوجد دليل مباشر على ذلك حتى الآن، فالافراد المعرضون صدفة أو تعمداً لفترات طويلة لكميات من الـ ددت اكبر بكثير مما تمثله هذه القيم يبدون وكأنهم لايعانون من تاثيرات طويلة المدى. وفي الاطوار المبكرة للتعرض، فان مستويات الجسم من الـ ددت ترتفع بسرعة في أول الامر ثم تصل إلى مستوي ثابت يعتمد على كمية التعرض. ومن هذه النقطة، يبدأ بعدها الجسم في إفراز المادة بالسرعة التي يحتاجها.

واحمال الجسم المرتفعة من الـ ددت والتي تمثل تلك الموجودة في الافراد المعرضين بحكم عملهم للـ ددت تدفع تلك الاجسام على تحسين مستوي تخليق الانزيمات بواسطة الكبد. وعلى اية حال، فقد أدى هذا التأثير إلى إستخدام العلاج الكيميائي للـ ددت كدواء حتى يساعد على تلافي الاضرار بوظيفة الكبد.

وبينما لم توضح الاثار الضارة من التعرض المتوسط للـ ددت في الانسان فان الـ ددت والمبيدات الهيدروكربونية الكلورونية الأخرى اظهرت أنها ضارة بالأنواع الأخرى من الكائنات البرية مثل الضحايا الغير مقصود رشها بالـ ددت مثل الاسماك، ديدان



الشكل ٤٢-٤ : تركيز ددت في أنسجة الكائنات تمثل أربعة مستويات متشعبة من التغذية في السلسلة الغذائية. تأثير التركيز يحدث لان الـ ددت يمثل غذائيا ويفرز ببطء اكثر من مرور الاغذية من مستوي غذائي الى المستوي التالي. لذلك فان اغلب الـ ددت الذي يبتلع كجزء من انتاج أكبر لايزال موجود في الناتج النهائي الذي يتبقي عند هذا المستوي الغذائي.انظر (الشكل ٣٧-٧).

الارض، المزازات (Robins) وغيرها. ومخاطر الـ ددت للكائنات البرية تكون شديدة على تلك الانواع التي تعيش عند نهاية السلاسل الغذائية. ولان ال ددت يتم تمثيله غذائيا ويخرج أو يفرز للخارج ببطء، فهو يتجمع داخل أجسام (وخاصة في الدهن) الكائنات الاخرى كما هو الحال في الانسان تماما. وعلى سبيل المثال، فان رش المستنقع لمكافحة البعوض يتسبب في تجمع اثار الـ ددت في خلايا الكائنات المائية الميكروسكوبية الدقيقة مثل البلانكتونات الموجودة في المستنقع. وعند تغذية حيوانات مثل بلح البحر على هذه الكائنات الدقيقة يدخل الـ ددت في أجسامها مع الغذاء لدرجة أنه عثر على تركيزات من الـ ددت في بلح البحـر بلغت عشر امثـال الـتركيزات المـوجـودة في البلانكتونات، هذه التركيزات تنتقل لاعلى في السلسلة الغذائية من حيوان أكول إلى آخر (شكـل ٤٢-٤) مثل طيور النورس (Sea gulls) التي تتغذى على بلح البحر.

ويمثل هذا زيادة ٤٠٠/ضعف في التركيز على طول هذه السلسلة القصيرة من التغذية على بلح البحر. وبينما تستطيع طيور النورس هذه أن تبقى حية بالرغم من وجود هذا الحمل من الـ ددت داخل أجسامها، فهناك دلائل كثيرة على أن مفترسات اللحوم الموجودة في نهاية سلاسل أطول من الغذاء مثل الاوسبريات (Ospreys) وطيور البجع (Pelicans) والصقور (Falcons) والنسور (Eagles) قاست الكثير من إنخفاض أعدادها بسبب تلك الظاهرة. وتتدخل المستويات المرتفعة من المواد الهيدروكربونية الكلورينية في إنتاج قشر البيض ذو السمك العادي (الشكل ٤٢ـ٥) مما يتسبب في الكثير من موت البيض (الشكل ٤٢ـ٦). وربما يتدخل الـ ددت كذلك في عملية التكاثر أيضا.

وتوجد مجموعة أخرى من الضحايا الغير مقصودة لمبيد ال ددت وغيره من المبيدات الأخرى وهي الحشرات التي تفترس الحشرات الضارة، أي أعداؤها الطبيعية. وقتل مثل تلك الحشرات المفترسة النافعة له آثار بيئية واقتصادية خطيرة. ولقد لاحظ مزارعوا

الشكل ٤٢ـ٥: العلاقة بين تركيزات الـ ددت في بيض نسور الاسكا والصقور والانخفاض في سمك قشر البيض. (DDE) هو من نواتج تمثيل (DDT) (الارقام من ت. ج. كاد وزملائه، Science ـ ١٧٢: ١٩٥٥، ١٩٧١).

النـــوع	الموقـــع	متوسط تركيز (DDE) [1] في البيض (جزء في المليون)	الانخفاض في سمك القشرة [2]
Peregrin Falcon	تندرا الاسكا (السفح الشمالي)	٨٨٩	ـ٢١,٧٪
Peregrine Falcon	وسط امريكا	٦٧٣	ـ١٦,٨٪
Peregrine Falcon	جزر اليوتيان	١٦٧	ـ٥,٧٪
Rough Legged Hawk	تندرا الاسكا الشمالي	٢٢,٥	ـ٣,٣٪
gyrfalcon	شبة جزيرة سيوارد الاسكا	٣,٨٨	صفر

١) يخلق في الجسم من ددت.

٢) السمك بالمقارنة بالبيض المجموع قبل عام ١٩٤٧ م



شكل ٤٢ ـ ٦ : بيض رقيق القشرة في عش طائر بجع بني في مستعمر بعيدا عن ساحل كاليفورنيا. تركيزات (DDE) مرتفعة اذ تقرب من ٢٥٠٠ جزء في المليون) وجدت في بيضة هذه المستعمرة. القشر كان رفيعا جدا لدرجة أن أغلب البيض كان يتكسر بجسم الأبوين عندما كانا يحاولان حضانته. لم يفقس صغير واحد في كل المستعمرة في السنة التي أخذت فيها هذه الصورة .(بتصريح من جوزيف ر. جيل، الصغير).

بساتين التفاح انه عند مكافحتهم ليرقات فراشة الكودلنج (Codling moth) وديدان التفاح الأخرى بمبيد الـ ددت، فسرعان ماهو جمت بساتينهم بالحشرات القشرية (Scale insects) والحلم (Mites) والسبب ببساطة هو أن الـ ددت قتل بجانب الديدان الضارة المقصودة، الاعداء الحشرية الطبيعية للحشرات القشرية والحلم، وهذا مما يسبب زيادة أعداد الحشرات القشرية والحلم زيادة مخيفة مما دعى المزراعين إلى البحث عن مبيدات أخرى غير الـ ددت لرش الاشجار.

٤٢ـ٥ : المبيدات العضوية الفوسفورية والكربماتية :
THE ORGANOPHOSPHATES AND CARBAMATES

بزيادة حالات ظهور الحشرات المنيعة للـ ددت، بدأ البحث عن مبيدات بديلة ومن

انجح تلك المبيدات البديلة كانت المبيدات العضوية الفوسفورية، المبيدات الاخيرة، مثل الباراثيون (الشكل ٤٢-٣) والملاثيون، قريبة لغازات الاعصاب التي إستحدثت أثناء الحرب العالمية الثانية. وتعمل تلك المبيدات العضوية الفوسفورية عكسيا مع الانزيم أسيتايل كولين إستريز (Acetylocholinesterase) وهو، كما يمكن القول، المسئول عن تعطيل عمل الأسيتايل كولين (Acetylcholine) (ACH) عند تقابلات الاعصاب العضلية مع بعضها البعض (انظر قسم ٣٠-٣) وعند بعض النهايات العصبية في الاجهزة العصبية المركزية والذاتية (انظر قسم ٢٨-٥). وعلى هذا فان المبيدات الفوسفورية العضوية سامة جدا للانسان، فالباراثيون، على سبيل ذكر مثال مشهور، فان سمية جرام واحد منه تعادل ٣٠ مرة سمية جرام واحد من الـ ددت. إذن فليس من المستغرب عندئذ، أن أمراضا خطيرة وأعدادا جوهرية من الوفيات سببتها تلك المبيدات الفوسفورية العضوية. وقد يصاب العديد من الاطفال بسبب لعبهم بالعبوات الفارغة للباراثيون أو بسبب تناولهم طعاما ملوثا بالمبيد. وفي عام ١٩٦٨م ، حدثت ٣٠٠ حالة تسمم من الباراثيون في تيجوانا بالمكسيك، منها ١٧ حالة وفاة بسبب تناولهم عن طريق الصدفة خبزا معجونا معه سكر ملوث وقبل ذلك بعشر سنوات، أدى إستخدام قمح ملوث بالباراثيون في الهند إلى حدوث ٣٦٠ حالة تسمم، منها ١٠٢ حالة وفاة.

وبخلاف المبيدات الهيدروكربونية الكلورنية، فان المبيدات العضوية الفوسفورية تتكسر بسرعة في البيئة ولهذا لم تشكل بقاياها على المحاصيل أي مشكلة. وبما ان المبيدات العضوية الفوسفورية لاتخزن في انسجة الحيوان، فان تجمعها في السلاسل الغذائية لم يعد مشكلة أيضا. ولكن نشوء المناعة بين العشائر المستهدفة من الآفات يعتبر مشكلة مع المبيدات العضوية الفوسفورية، كما هو الحال مع المبيدات الهيدروكربونية الكلورينية. وكمحاولة للبعد عن مشكلة المناعة هذه، دخلت في المعركة المبيدات الكربماتية.

والمبيدات الكربماتية، منها مبيد الكارباريل (السفين Sevin) هي أيضا مانعات لانزيم الأسيتايل كولين إستيريز، ولكنها، على العكس من المبيدات الفوسفورية العضوية، فان هذا المنع يكون عكسيا. علاوة على ذلك فان المركبات الكربماتية تزول سميتها بسرعة ويفرزها الجسم للخارج. وعلى ذلك فان خطرها على الحيوانات ذوات

الدم الحار اقل بكثير من تلك المبيدات التي ناقشناها سابقا. وهي أيضا سريعة التحلل في البيئة، لذلك فان مشكلة بقائها أو دوامها لايشكل أي معضلة، ولكن تبقى دائما المشكلة المستمرة وهي الخطر على الحشرات النافعة، خاصة نحلة العسل، كما وأننا لابد أن نتوقع ظهور آفات تكتسب المناعة ضد المبيدات الكربماتية.

والبحث عن مواد لمكافحة الحشرات كيميائيا لازال مستمرا. وحديثا، ظهرت مواد يمكنها التدخل في تخليق الكيتين أعطت شيئا من الأمل كمبيدات حشرية. من تلك المواد مـادة الدايفلوبنزورون (Diflubenzuron) [ديميلن "Dimilin"] التي تحدث بعض الضرر في بيض الحشرات في وقت فقسهـا. يبـدو أن مانعات تكوين الكيتين قليلة السمية للفقـاريات ولكنها، كما يمكن ان نتوقع، شديدة الضرر للقشريات وكذلك للحشرات. وتأثيرها على الفطريات، هي أيضا من صانعات تخليق الكيتين، يحتاج إلى الدراسة. ويقال دائما ان تطور نشوء الانواع المنيعة للمبيدات الحشرية يحتاج إلى ادخال مبيدات حشرية قوية المفعول جدا، لكن هذا يحتاج إلى العنصر الضروري في العملية، الا وهو نمو مادة جديدة تهاجم شقا اخر في درع الحشرة، وإذا ما كانت المادة الجديدة ـ جرام / جرام ـ اكثر او اقل سمية للحشرة ولنا فهذا موضوع آخر.

٤٢ـ٦ : مبيدات الجيل الثالث: THIRD-GENERATION PESTICIDES

في الباب السابع والعشرين (انظر قسم ٢٧ـ٢)، تم اختبار الهورمونات التي تنظم النمو والتطور في الحشرات، ولاحظنا إحتمالات مشابهات هورمون الشباب أو هورمون الجوفينايل (JH) (Juvenile hormone) كمبيد حشري. وترجع فوائد تلك المشتقات إلى توقعاتنا من ان الحشرات لن تكون مناعة ضدها إذ أن تلك المشتقات بالنسبة للحشرات ماهي إلا إحدى مكونـات أجسامهـا. وهـذا الاتجـاه الجديد في مكافحـة الحشرات جعـل العـالم كارول ويليامز (Carroll Williams) أحد رواد دراسة الغدد الصمـاء في الحشـرات، يعطي هـذه المواد اسم مبيدات الجيل الثالث "Third-generation Pesticides" لانهـا اكتشفـت بعـد الكيميـائيـات الغير عضـويـة مثـل زرنيجـات الـرصـاص ـ الجيل الاول First generation والكيميائيات العضـوية مثـل الـ ددت والبـاراثيون ـ الجيل الثاني Second generation"). وأحد مشابهات (Mimic) هورمون الشباب (JH) يباع الآن تجاريا وتم تسجيله بواسطة هيئة حماية البيئة في الولايات المتحدة

الامريكية لاستخدامه ضد البعوض والذباب. وبطبيعة الحال سيتلو هذا المشابه ظهور مشابهات أخرى.

وفي عام ١٩٧٦م، سجل وليامز س. باورز (Williams S. Bowers) ومساعدوه اكتشاف مواد لها تاثير مضاد لتأثير هورمون الشباب وسماها (anti-JH) ولأن أحد تأثيرات هذه المواد هو ترغيب بعض الحشرات في القيام بعملية التطور، قبل الاوان (Preco- cious metamorphosis) فقد سميت تلك المواد باسم بريكوسينات (Precocenes).هذا و قد تمت مناقشة احتمالات البريكوسينات في تقليل الضرر الناشيء عن الحشرات في قسم ٢٧-٢ وبسبب هذه الاحتمالات فانها ستدخل في الجيل الرابع ("Fourth genera- tion) من مبيدات الافات.

٤٢-٧: المكافحات الحيوية BIOLOGICAL CONTROLS

منذ القرن التاسع عشر، أدرك بعض الطبيعيين اهمية الدور الذي لعبته المفترسات والطفيليات من الحشرات في الحد من أضرار الافات الحشرية. فهل بامكاننا ان ندون قائمة بالمساعدات التي قامت بها تلك الاعداء الطبيعية في معركتنا من أجل زيادة الإنتاج الغذائي.

وفي حالة تلو الحالة، فان الافات التي تنتج عنها اشد الاضرار للزراعة في منطقة من المناطق هي تلك الافات الاجنبية، اي التي استوردت ـ بطريق الصدفة في الغالب ـ من اماكن اخرى. وغالبا لا تسبب نفس الافات اية مشكلة في موطنها الاصلي. ولقد وضح الحشري الامريكي المعروف اسافيتش (Asa Fitch) اسباب ذلك، فكتب في عام ١٨٥٦م، ما يلي: لماذا تكون آفة شديدة الوطأة في دولتنا (قاصدا بذلك هاموش القمح، وهي حشرة أوربية دخيلة بينما ضررها ضعيف في وطنها الاصلي. لابد من وجود سبب لهذا الاختلاف الكبير. ماذا يكون هذا السبب. يمكننى ارجاع ذلك إلى شيء واحد فقط. نحن هنا مجردون من الوسائل التي تمدنا بها الطبيعة لكبح جماح هذه الحشرة. فالحشرات الاخرى والتي خلقت لكبح جماح هذا النوع وجعلها قابعة في حدودها الطبيعية لم تصل إلى شواطئنا بعد. لقد استلمنا السرطان بدون العلاج.

وفي عام ١٨٨٧م، انتشرت الحشرة القشرية القطنية ـ القادمة من استراليا ـ في

بساتين المـوالح في ولاية كاليفورنيا. وباتباع اشارة العالم فيتش (Fitch) ذهب احد الحشريين إلى استراليا للبحث عن عدو طبيعي لهذه الافة، وعـاد ومعه احد انواع حشرات ابى العيد (Lady Beetle) وباطلاق الحشرة المذكورة في بساتين الموالح امكن لها الحد من خطر الحشرة القشرية على الاقل حتى عام ١٩٤٦م، إذ في هذه السنة ظهرت موجة شديدة جديدة للحشرة القشرية. وتصادف ظهور هذه الموجة الجديدة للحشرة القشرية مع بداية إستعمال الـ ددت في البساتين والإختفاء السريع لحشرات أبى العيد. ولم يمكن الحد من انتشار الحشرة القشرية القطنية الا بعد تغيير نظم الرش وادخال حشرة ابى العيد ثانية.

ولم تتكـرر هذه القصـة من نجاح المكافحة الحيوية كثيرا كما كان المتوقع. وتوجد مشكلة واحدة وهي خاصة بتلك المفترسات والمتطفلات والتي تتخصص على افتراس أو تطفـل عائل واحد أو على عدد قليل من العوائل، إذ ان اعدادها تعتمد على اعداد عوائلها. فاذا ما افترست كل افراد عائلها فهي إذن ستنهى نفسها. ومن ناحية اخرى، إذا ما امكن لتلك المفترسات و المتطفلات ان تقلل من اعداد الافات ولكن بدرجة معقولة، فربما تكون الاعداد الباقية من تلك الافات كافية لاحداث اضرار لايمكن ان يقبلها المزارعون. وعلاوة على ذلك فان المفترسات المستوردة ربما يمكنها اداء وظيفتها لمدة معينة ولكنها لاتستطيع البقاء حية لمدة غير محدودة (مثل مرور شتاء قارص عليها). ولهذا، فكثير من اجراءات المكافحة الحيوية الناجحة تستدعى تكرارها من وقت لاخر، اي اطلاق المفترسات بصـورة دورية (Periodic) وهذا بدوره يعني تربية المفترسات في المعامل حتى يتيسر الحصول عليها عند الضرورة. وبالرغم من تلك المعوقات، فان المكـافحـة الحيوية قد انتصرت. فزراع التفاح في ولايات ميريلاند، فرجينيا وغرب فرجينيا تأكدوا من ان اطلاق خنـافس ابى العيد تكافح الحلم (Mites) في بساتينهم، ويمكنهـا كذلـك مساعدتهم في الاستغناء عن عدد من رشات المبيد الحشري. وفي استراليا يكافح الحلم الذي يهاجم أوراق اشجار التفاح بحلم اخر مفترس، ولحسن الحظ، فان هذا الحلم المفترس قد اكتسب مناعة ضد المبيدات الفوسفورية والمستخدمة في بساتين استراليا لمكافحة آفات أخرى.

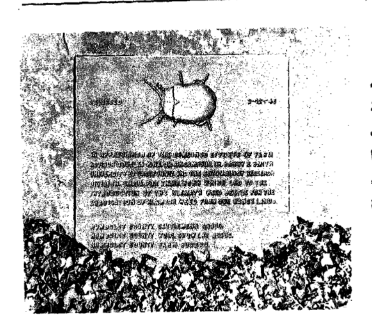
واثبتت وسائل المكافحة الحيوية نجاحا ايضا في مكافحة بعض الحشائش الضارة. فادخال فراشة تتغذى يرقاتها على نبات الصبار في استراليا مكن الاستراليين من السيطرة

على الانتشار الرهيب لهذا النوع من الصبار والذي اتلف الملايين من الهكتارات من اراضي الرعى. وفي عام ١٩٤٤م، تم ادخال نوعين من الخنافس في كاليفورنيا لمكافحة حشيشة الكلاماث (Klamath) والتي دمرت خمسة ملايين فدان من ارض المراعي في كاليفورنيا وشمال غرب الباسيفيك (الشكل ٤٢-٧). وقبل ادخال أو اطلاق تلك الخنافس، أجريت اختبارات مضنية للتاكد من ان تلك الخنافس لن تتحول إلى التغذية على النباتات القيمة بمجرد انتهائها من القضاء على كل حشيشة الكلاماث. ولقد نجحت تلك الخنافس في كاليفورنيا، إذ امكنها اعادة نحو ٩٩٪ من اراضي المراعي المهددة إلى اراضي نافعة (الشكل ٤٢ - ٨).

والطفيليات، كما في المفترسات، استخدمت ايضا في المكافحة الحيوية للافات الضارة. فالبكتيريا *Bacillus popilliae* يتم زراعتها على نطاق تجارى للمساعدة في مكافحة الخنفساء اليابانية بحقنها بالمرض اللبنى "Milky disease" وتباع كذلك



شكل ٤٢-٧: أرض رعى في بلوكسبرج، كاليفورنيا عام ١٩٤٨. النبات المزهر في مقدمة الصورة هو حشيشة الكلامات. وقتلت الحشيشة في المكان البعيد في الصورة بعد أدخال مفترسها الطبيعي، خنفساء Chrysolina. وبحلول عام ١٩٥٠، أبيدت الحشيشة كلية وحل محلها حشيشة Lush clover. (الصورة أخذها المرحوم ج. ك. هولووبي، بتصريح من الاستاذ كارل. ب. هوفاكر).



الشكل ٤٢ـ٨: لوحة لأحياء ذكرى نجاح المكافحة الحيوية لحشيشة الكلامات عن طريق اطلاق عدوها الطبيعي، خنفساء الكريزولينا .(اللوحة موجودة في مبنى المركز الزراعي، يوريكا، كاليفورنيا. بتصريح من جون ف. لينز).

البكتيريا *Bacillus thuringiensis* بواسطة شركات في الولايات المتحدة للمساعدة في مكافحة يرقات بعض الفراشات وأبى دقيق الضارة.

وفي بعض الحالات، تصيب البكتيريا الافة وتقتلها بعد ذلك بطبيعة الحال ولكن في أحوال اخرى، فان السم (Toxin) الذي تفرزه البكتيريا اثناء نموها في البيئة هو الذي يقوم بعملية قتل الآفة. وفي مثل تلك الحالة الأخيرة فان الانسان يتعامل حقيقة مع صورة أخرى من المكافحة الكيميائية والتي تتعامل مع افات خاصة معينة ولكنها لاتضر مطلقا بالحيوانات الاخرى. ونحو ٦٠٪ من زراعات الخس (Lettuce) في كاليفورنيا تعامل الان بالبكتيريا *B. thuringiensis* وتدل الدراسات الحقلية على ان تلك البكتيريا الاخيرة قد تمدنا بوسيلة فعالة ايضا لمكافحة فراشة الغجر (Gypsy moth).

واثبتت الفيروسات كذلك انها وسائل ناجحة في مكافحة الافات، وهي في الواقع اكثر إختيارا في فعلها عن البكتيريا، إذ ان مفعولها يكون على افة واحدة او على عدد قليل من الافات، وهي غير ضارة بالكائنات الاخرى الموجودة في البيئة. ولكن لسوء الحظ، لابد من نمو الفيروسات في خلايا حية في العائل، ومعنى ذلك زراعة نوع الافة نفسها ايضا. وبمجرد اطلاق الافة المصابة بالفيروس في الحقل تنتشر الاصابة طبيعيا، او يمكن الامساك بالضحايا الاولى للاصابة الفيروسية وطحنها واستخدام مسحوقها في توزيع الفيروس في اماكن اخرى جديدة. واستخدمت الفيروسات بنجاح في مكافحة

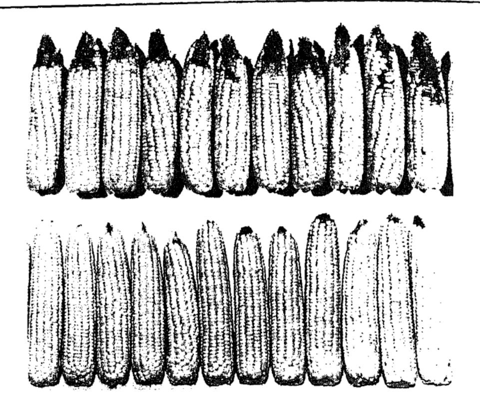
حشرات مثل دودة لوز القطن ودودة براعم الدخان، دبور الصنوبر الاوروبي، دودة الكرنب النصف قياسة، دودة البرسيم.

٤٢-٨ : تربية أنواع مقاومة BREEDING RESISTANT SPECIES

ويوجد اتجاه يدعو إلى التفاؤل لزيادة انتاجية المحاصيل وذلك بتربية صفة مقاومة الافة في المحصول نفسه بنفس الطريقة التي يتم بها ادخال جينات تحمل خواصا اخرى مثل كمية المحصول، اللون، المحتويات البروتينية، وغيرها إلى الانواع المستأنسة . ولقد امدنا نبات طماطم برى وجد ناميا في حقل قصب سكر في بيرو بالمادة الجينية والتي امكن بها ادخال المناعة ضد العديد من الامراض الفطرية في اكثر من ٣٠ صنف من اصناف الطماطم التجارية. وتمت تربية ٢٤ من أنواع القمح التجارية ذات مناعة ضد ذبابة الهسيان (Hessian fly) وهي افة خطيرة تصيب القمح ويظن انها دخلت الولايات المتحدة في قش استخدم في فراش جنود الهسيان الذي حاربوا ضد البريطانيين اثناء حرب التحرير. وتم ادخال انواع البرسيم مثل النوع لاهونتان Lahontan) المقاومة ضد المن، وكذلك انواع الذرة المقاومة لهجوم دودة كيزان الذرة الشكل ٤٢-٩)، ودودة الجذور وحفار الساق بعد اتباع برامج تربية دقيقة.

وتربية انواع الحبوب مثل القمح، الشوفان، الشعير لمقاومة للأمراض الفطرية، كانت تربية ناجحة فردية، ولكن انتاج الأنواع المقاومة ليس هو العلاج الدائم، إذ أن باستخدام المضاد الحيوي امكن التغلب على فعلها بنشوء بكتيريا منيعة لتلك المضادات الحيوية، لذلك فان انتاج حبوب عندها مناعة ضد الفطريات بالتربية الانتخابية سيتبعه بأي حال من الاحوال ظهور طفرات من الفطر قادرة على التطفل على محاصيل الحبوب. ومن المهام الرئيسية والمهلكة للاعصاب التي تواجه الباحثين في مجال تربية النباتات في وزارة الزراعة الامريكية هو ان تسبق دائما الفطريات وتتأكد من امكانية تحول مزارعي الحبوب الامريكيين إلى انواع أحدث ومقاومة كلما ابتدأت الأنواع الأقدم في الموت، ويوضح الشكل ٤٢-١٠ المسار المتغير للمعركة الدائرة بين الشوفان المستانس وبين الفطريات التي تتطفل عليه.

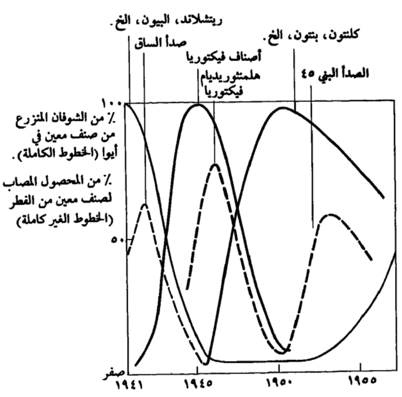
وفي عام ١٩٧٠م شهدت الولايات المتحدة عرضاً حياً لمقدرة الطفيليات في التطور مع عوائلها. فقبل عام ١٩٧٠، سببت اللفحة الورقية الجنوبية في الذرة، المتسببة عن



الشكل ٢ ٤-٩ : أعلى : ذرة سكرية صنف جولدن كروس تالفة بواسطة دودة كيزان الذرة. أسفل اصابة دودة كيزان الذرة لصنف من أصناف الذرة السكرية (La2 w x 145) الذي أمكن تربيته ليكون منيعا ضد الاصابة بهذه الدودة. لاحظ القلة الواضحة في شدة الاصابة. بتصريح من وزارة الزراعة الامريكية.

الفطر *Helminthosporium maydis* اضرارا طفيفة نسبيا، إذ كانت سلالات الذرة المهجنة المستخدمة في هذا الوقت ذات مناعة نسبية ضد الفطر المذكور، لو ان المعروف عنها انها كانت قابلة للإصابة بسلالة الفطر *Helminthosporium* الموجودة في الفيلبين.

وفي عام ١٩٦٩م زادت خسائر الذرة في ولاية فلوريدا بسبب الفطر *Helminthosporium* ربما لظهور طفرة حديثة تشبه السلالة الموجودة في الفيلبين. وفي موسم ١٩٧٠، انتقلت هذه السلالة الحساسة للاصابة بالفطر المذكور من ولاية فلوريدا إلى ولايات الخليج ثم استمر انتقالها حتى وصلت إلى الوسط الغربي وبالتدريج إلى كندا. وفي بعض السنين، بلغ الفقد في المحصول ٥٠٪ أو اكثر. وبالنسبة للولايات المتحدة ككل، فقد بلغ الفقد في المحصول نحو ١٥٪ وهو فقد يعادل ثمنه نحو البليون من الدولارات.



الشكل ٤٢-١٠ : علاقة العائل - الطفيل بين الشوفان المستأنس *(Avena sativa)* وبعض من طفيلياته. وكل ادخال لصنف مقاوم للفطر يتبعه ظهور شكل جديد من الفطر القادر-على التطفل بنجاح. وفي كل مرة يحدث فيها ذلك، يتحول مزارعوا الشوفان في ولاية أيوا لصنف آخر لايزال منيعا للفطر. وبحلول عام ١٩٥٥، أنقضت عدة سنوات منذ زراعة الصنفين ريتشارد، البيون، لدرجة أن أشد طفيل لها أختفي وأمكن اعادة ادخالها بأمان لفترة من الزمن .

ولحسن الحظ، فان مربي النباتات امكنهم استنباط سلالات من الذرة مقاومة لنوع اخر من الفطريات، ظهر ان تلك السلالات عندها كذلك مناعة ضد الفطر *Helminthosporium* وعلى اية حال، فالدروس واضحة، انتاج عائل ذو مناعة هي عملية مؤقتة، كلما كانت الزراعة لمحصول واحد متجانس وراثيا في مساحات منتشرة، كلما ازدادات خطورة الامراض.

٤٢-٩ : اتجاهات أخرى لمكافحة الآفات

OTHER APPROACHES TO PEST CONTROL

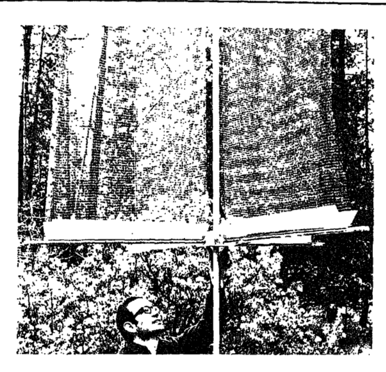
تعتبر الدورة الزراعية من الوسائل البسيطة ولكنها فعالة في الاقلال من هجوم الافات. وبالتخطيط لزراع حقل بمحصول واحد لمدة فصل واحد ثم محصول اخر في

الفصل التالي، فان الافات التي تنجو من الشتاء في التربة أو في بقايا النباتات لاتجد ما تعيش عليه ليساعدها في تجديد نموها التعدادي في الموسم التالي. فالتخلص واتلاف بقايا النباتات الصالحة للتطفل، بل حتى عمليات العزق (Tillage) البسيطة يمكنها الابقاء على اعداد من الافات بالبيئة.

و يعتبر استخدام المواد الطاردة للحشرات (Repellents) طريقة اخرى مشجعة، وبعض الحالات، يمكن للنباتات ان تمتص تلك المواد الطاردة مما يجعلها رديئة المذاق لمفترساتها.

و على العكس من ذلك، فجاذبات الحشرات (Attractants) يمكن تسخيرها في مجال مكافحة الافات. ولقد تم اكتشاف نحو ٢٠٠ مادة كيميائية والتي يمكن لاحد الجنسين (غالبا الانثى) من نوع مامن انواع الحشرات ان ينجذب إلى الجنس الاخر من نفس نوعه. والكثير من تلك الجاذبات الجنسية او المواد الكيميائية القريبة منها، قد تم تصنيعها اي تخليقها واصبحت متاحة تجاريا ومن تلك الجاذبات الجنسية المصنعة جاذبات ديدان الكرنب نصف القياسة وسوسة لوز القطن ودودة اللوز القرنفلية ودودة اللوز القرنفلية ودودة الغجر وغيرها. وقد اجريت تجارب حقلية مكثفة لاستخدام الجاذبات الجنسية. وعموما فيوجد اتجاهان تم اختيارهما، ففي بعض الدراسات الحقلية ظهر ان توزيع الجاذبات في كل ارجاء الحقل يغطي على جاذبات الحشرة نفسها وبذلك يفشل الجنسان (الذكر والانثى) في التلاقي لاحداث التزاوج، وسميت تلك العملية بارباك الذكر (Male confusion) او عملية تشتيت الاتصال (Communication disruption) والطريقة الثانية أو البديلة هي إستخدام مصائد يوضع بها الطعم (Bait) الذي هو المادة الجاذبة الجنسية للافة والتي ينجذب اليها الذكر (وأحيانا الأنثى) ليلقى حتفه (الشكل ٤٢-١١). وكل من هذه الاتجاهات تبدو مشجعة وخاصة إذا لم تكن الاصابة بالافة شديدة.

وفي الخريف يدخل الكثير من الحشرات فترة بيات شتوي يسمى (Diapause) تقضى فيها فترة الشتاء، وفي الربيع، تنهى الحشرات بياتها الشتوى هذا وتكمل دورة حياتها. وتنظم عمليتا الدخول والخروج من البيات الشتوى بفترة ضوئية (Photo-period) اي، نسبة طول كل من النهار والليل. وفي الدراسات الحقلية الحديثة، وجد ان قطع التجارب الارضية المضيئة في الليل منعت اليرقات من دخول بياتها الشتوى.



الشكـل ٤٢-١١ : عامل باحث مع مصلحة الغابات بالولايات المتحدة في محطة أبحاث الغابات والمراعي في جنوب غرب الباسيفيك يضع مصيدة لاصقة في الغابات قرب بحيرة باسي في غابة سيرا الـوطنية . تحتوي المصيدة على وعاء به المادة الجاذبة الجنسية لخنفساء الصنوبر الغربية ، وهي افة رئيسية لغابات الصنوبر في الغرب . تمسك الحشرات في المصيدة وهي طائرة في اتجاه الريح جهة المادة الجاذبة . بتصريح من مصلحة الغابات الامريكية) .

ولان الحشرات التي لاتدخل بياتها الشتوى لايمكنها ان تعيش ظروف الشتاء الصعبة ، فان ذلك يرفع من احتمالات مكافحة الافات بالتحكم صناعيا في فترة الضوء . والحاجة الان إلى ابحاث اكثر للتأكد مما إذا كان مستوي الاضاءة المطلوبة ممكن اقتصاديا .

٤٢-١٠ : طريقة تعقيم الذكور THE STERILE MALE TECHNIQUE

إن فن تعقيم الذكور هو من اذكى وانجح وسائل مهاجمة الافات الحشرية . وطبق هذا الفن لاول مـرة ضد ذبابـة الـدودة الحلزونيـة (Screworm fly) وهي افة خطيرة تصيب الماشية . تضع اناث الذباب بيضها في قرح او في اي مكان آخر مجروح على جسم الحيوانـات . بعـد الفقس ، تتغذى اليرقات على انسجة العائل ، بفعلهم هذا فانهم يعرضون مساحات اكبر من جسم الحيوان لوضع البيض ، موت الحيوان العائل هو غالبا النهاية الوخيمة لذلك . ولقد قدر قبل ابادة هذه الذبابة من الولايات الجنوبية الشرقية

ان تلك الذبابة كانت تتسبب في خسائر سنوية من الماشية تقدر بنحو ٢٠ مليون دولار.

وامكن ابادة هذه الذبابة باطلاق ذباب مربي معمليا بعد ان تم تعقيمه وسط الاعداد الموجودة في الطبيعة من تلك الذبابة. وتم التعقيم بتعريض الذباب في المعمل باشعة جاما كافية لجعلها عقيمة ولكنها لاتجعلها تفقد قدرتها على التزاوج.

وإبتداء من عام ١٩٥٨م، تم اطلاق نحو ٥٠ مليون ذبابة معقمة كل اسبوع من طائرة تطير فوق ولاية فلوريدا واجزاء من الولايات المجاورة لها. واعتمد نجاح تلك العملية فقط على الذكور المعقمة إذ كان من الصعب عمليا فرز الذكور عن الاناث قبل الاطلاق. وبزيادة عدد الذكور المعقمة في المنطقة، تزداد كذلك فرصة الإناث الخصبة في التعداد الموجود في الطبيعة على أن لا يلقحها ذكر عقيم، و في كل مرة يحدث هذا، تضع تلك الإناث بيضا عقيما وبما ان الانثى تتلقح مرة واحدة فقط، فان حياتها التناسلية تنتهي بدون انتاجها لأي صغار جدد. وباوائل عام ١٩٥٩م، تم بالفعل ابادة الافة شرق نهر المسيسبى.

ثم اتجه الفكر إلى ابادة الدودة الحلزونية في الولايات الجنوبية الغربية وكان هذا تفهم رائع إذ ان الافة تقضى الشتاء في المكسيك، مع كل فصل جديد يمكنها عبور الحدود وتنتقل إلى الولايات الجنوبية الغربية من الولايات المتحدة الامريكية والتي تربي فيها الماشية. ومع ذلك، فبتكرار الاسقاط الجوى للذباب العقيم على حدود المكسيك - تكساس كل عام، امكن ابادة الافة من تلك الولايات الجنوبية الغربية كذلك، في عام ١٩٧٢م، سجلت الافة موجه جديدة واضحة - إذ وجدت ٩٠,٠٠٠ من حالات الدودة الحلزونية في الماشية بالولايات المتحدة. ماذا حدث إذن. ربما ظهر امامنا مثل من امثلة التكيف مع الطبيعة. فاذا، على سبيل المثال، طارت اي من الذبابة، يكون عند هذا الذباب وراثة عدم الرغبة في التزاوج مع الذباب المعقم الذي نطلقه من الطائرة، الانتخاب الطبيعي يفضل مثل هذا الذباب الغير معقم هذا بكل تاكيد.

وبالرغم من هذا الانتكاس الحديث فالنجاح الكلي لبرنامج الدودة الحلزونية شجع تطبيق طريقة الذكور العقيمة في آفات حشرية أخرى. ولقد اثبت هذا الأسلوب فعالية في مكافحة دودة اللوز القرنفلية (آفة من آفات نباتات القطن في ولايات كاليفورنيا، نيفادا، أريزونا)، وكذلك في مكافحة ذبابة ثمار حوض البحر المتوسط (Medfly) وهي

آفة خطيرة من آفات ثمار الفاكهة في ولاية كاليفورنيا ودول اخرى كثيرة خاصة دول البحر المتوسط وباستخدام طريقة الذكور العقيمة كجزء من برنامج المكافحة المتكاملة (In-tegrated control) والذي استخدمت فيه ايضا المبيدات الحشرية بكثافة والجاذبات الجنسية لسوسة اللوز، امكن استئصال سوسة لوز القطن في وسط مساحة تبلغ نحو ٥٠٠٠ ميل مربع في جنوب الميسيسبى المجاورة من ولايتي الاباما ولويزيانا.

وبالنسبة لبعض الافات الحشرية، فان الجرعات الاشعاعية اللازمة لاحداث العقم في ذكورها كانت تضر تلك الآفات من جهات أخرى كذلك. ولتفادى هذه المشكلة، تجري المحاولات لادخال التعقيم أو التعقيم الجزئي في تعداد الافة بطرق اكثر دقة. فمن الممكن، على سبيل المثال، تنمية أو ايجاد اعداد من الحشرات المرباه معمليا وتحمل كروموسومات مشوهة غير طبيعية والتي يمكن ادخالها بالانكسارات المرغبة واعادة الترتيب - (انظر قسم ١١-٤). وبوجود جميع الجينات كاملة في هذه الحشرات، فهي أي تكون سليمة صحيا. وعندما تتزاوج هذه الحشرات مع افراد موجودة في الطبيعة، فانها تدخل هذه الكروموسومات المشوهة في التعداد الموجود في الطبيعة لتلك الحشرات.

وينتج عن ادخال الكروموسومات المشوهة وجود أعداد كبيرة (يتوقف على عدد الكروموسومات المشوهة والمستخدمة في التكنيك) من الافراد الناتجة من عمليات التزاوج بين الافراد المشوهة والسليمة وهي افراد غير حيوية بسبب احتوائها على جينات غير متوازنة. وهذه الافراد الغير حيوية والناتجة عن تشكيلة عشوائية (انظر قسم ٩-٥) والمحظوظة بما فيه الكفاية لتلقيها مجموعة متوازنة من الكروموسومات المشوهة، يمكنها تكرار العملية، بذلك تنتشر وسيلة من وسائل عدم الاخصاب في جيل اخر. وتجري الان مجهودات مضنية لامكانية استخدام هذه الوسائل في مكافحة الذباب المنزلي والبعوض.

٤٢-١١ : ماذا يحمل لنا المستقبل: WHAT DOES THE FUTURE HOLD

ان تعداد الانسان على الارض اليوم لا يمكن ان يحافظ على مستواه ان لم نعمل جاهدين على تغيير التوازن الطبيعي لاعداد الكائنات الاخرى لصالحنا. فالزراعة والصناعة، والتجارة، والمواصلات السريعة قد احدثت تغييرات في بئتنا الحيوية والتي

كانت في صالحنا. كما انها ايضا شجعت حدوث تغييرات ثانوية في تعداد النباتات والحيوانات والحشائش، والارانب، والآفات الحشرية، وغيرها والتي تهددنا باستمرار بالتقليل الفجائي من مقدرة البيئة على تدعيم معيشتنا. علاوة على ذلك، فبما ان تاثيرنا امتد إلى كل زاوية على وجه الارض، فاننا هددنا احيانا بقاء بعض الأنواع مثل الحوت الأزرق والذي في وجودة المستمر على الأرض، بالرغم من عدم اهميته في رفاهيتنا، الا انه يزودنا بالرغبة والتنوع في حياتنا.

وبالزياة السريعة في التعداد في عالم سريع الانكماش، فان حد الخطأ في معالجتنا لبيئتنا قد قل بكثير. وإذا ما اردنا تفادي الكوارث في المستقبل فلابد من العمل على ايصال القدرة الطويلة المدى لبيئتنا إلى حالة توازن مع تعدادنا. ويجب ان نتعلم كيف نخزن او نحافظ على مواردنا التي يمكنها ان تتجدد مثل المعادن، الزيت، الفحم على الاقل لحين ايجاد بدائل لها تفي بالغرض المطلوب. كما يجب ان نوجه مجهوداتنا، بقدر الامكان، تجاه استخدام المواد المتجددة لهذا الغرض وهي المواد الناتجة عن عملية البناء الضوئي.

واعتمادنا المستمر الزائد على الموارد المتجددة يحتاج منا ان نعمل ما في وسعنا لتجنب اقلال الكفاءة التي تستطيع بها الطاقة الشمسية ان تتحول إلى هذه المواد. فيجب الحفاظ على التربة وخصوبتها باعتناء، ويجب الحفاظ كذلك على الماء وعلى نقائه، كما يجب الاستمرار في تربية النباتات والحيوانات القادرة على تحويل المادة والطاقة باقل فاقد ممكن اي القادرة على النمو بأعلى كفاءة. ويجب العمل بكل حرص عند نقل الانواع من مكان إلى اخر على الارض، استخدام المكافحة الكيميائية والحيوية مع اعداد اخرى من الافات. كل هذه الاشياء تحتاج إلى علماء في علوم الاحياء في المعامل وفي الحقل، والذين يمكنهم معالجة تداخلات التعقيدات البيئية التي تتبع اوتلي اي تغيير نرغمة على حيوية المجال الأحيائي (Biosphere) وسوف يحتاج كل ذلك أيضا إلى رجال ونساء من جميع نواحي الحياة بحكمتهم وبعد نظرهم لوضع المعرفة التي تعلمناها من البيئة موضع التنفيذ. ويجب، بل لابد من استخدام بيئتنا، كما يجب أن لا نستهلكها. فالميزانية غير المتوازنة لفترة طويلة قد تعرض حياتنا الطبيعية والروحية للخطر، اي في حقيقة الامر بقاء اجيالنا القادمة. وهي ايضا تهدد مستقبل الكثير من الكائنات الحية الاخرى والتي تتقاسم معنا الكرة الارضية والتي علمتنا الكثير عن انفسنا وعن طبيعة

الحياة نفسها .

ملخص الباب CHAPTER SUMMARY

الزراعة الوحيدة (Monoculture) هي زراعة محصول واحد في مساحة واسعة ، مثل هذا النوع من الزراعة ، ولو أنه ضروري في الميكنة الزراعية ، الا انه يسمح بزيادة كبيرة في حجم تعداد الافات التي تصيب هذا المحصول وتسهل انتقال هذه الافات من نبات إلى اخر.

وللحصول على منفعة من نظام الزراعة الموحدة ، فلابد من ايجاد الوسائل اللازمة لمكافحة افات هذا المحصول . ولقد اكتشفت مبيدات كيميائية متعاقبة لهذا الغرض . ولسوء الحظ ، فان الاستخدام الواسع لمبيدات الافات الكيميائية ادى إلى : (١) نشوء المناعة لتلك الكيميائيات عند الافة (٢) الاضرار باعداد المفترسات الطبيعية للافات ، (٣) الاضرار بالانواع الاخرى التي تتعرض لتلك المبيدات والغير مقصود مكافحتها .

وتبذل الان المجهودات لايجاد وسائل مكافحة الافات والتي تشمل عدة اتجاهات مثل : (٣) المكافحات الحيوية مثل اطلاق طفيليات ومفترسات الافات ، (٢) تربية انواع مقاومة من المحاصيل ، (٣) الدورة الزراعية (٤) القضاء على تعداد الافة باستخدام الذكور العقيمة ، (٥) استخدام الجاذبيات الجنسية لتشتيت التكاثر(٦) الاستخدام الامثل والمعقول للمركبات الكيميائية والمتخصصة في مفعولها بقدر الامكان .

تمارين ومسائل : EXERCISES AND PROBLEMS

١ ــ كيف تنشأ بالضبط عشائر من الذباب المنيع ضد الـ ددت .

٢ ــ ماذا تتوقع مما يلي ان يكون احد اعراض التسمم بالباراثيون :

(أ) إتساع حدقة العين ، (ب) زيادة افراز اللعاب ،

(ج) زيادة ضربات القلب ، (د) ارتجاف ارتعاش العضلات ،

(هـ) الاسهال ، (و) ارتخاء الشعب الهوائية .

REFERENCES المراجع

1. CARSON, RACHEL, Silent Spring, Houghton Mifflin, Boston, 1962. It was this landmark book that made the general public aware for the first time of problems connected with the widespread and indiscriminate use of pesticides.
2. U.S. DEPARTMENT OF HEALTH, EDUCATION, AND WELFARE, Report of the Secretary's Commision on Pesticides and Their Relationship to Environmental Health, U.S. Government Printing Office, Washington, D. C., 204020. An encyclopedia of data on pesticides.
3. PEAKALL, D. B., "Pesticides and the Reproduction of Birds", Scientific American, Offprint No. 1174, April, 1970.
4. JACOBSON, M., and M. BEROZA, "Insect Attractants", Scientific American, Offprint No. 189, August, 1964. How sex attractants are being used as a weapon against certain insects.
5. WILLIAMS, S.M., "Third-Generation Pesticides", Scientific American, Offprint No. 1078, July, 1967. Explores the potentialities of juvenile hormone as an insecticide.
6. SCHNEIDER, D., "The Sex-Attractant Receptor of Moths', Scientific American, Offprint No. 1299, July, 1974. Concludes that a nerve impulse ın receptor cell can be triggered by one molecule of the attractant.

النظام الدولي للوحدات

الطـول

الوحدة الأساسية هي المتر
وهي تساوي ٣٩٫٣٧ بوصة

المضاعفات والأجزاء:

كيلومتر (كم)	= $١٠^{٣}$ م
ديسيمتر (دسم)	= $١٠^{-١}$ م
سنتيمتر (سم)	= $١٠^{-٢}$ م
ميلليمتر (مم)	= $١٠^{-٣}$ م
ميكرومتر (ميكرون)	= $١٠^{-٦}$ م
نانومتر (نم)	= $١٠^{-٩}$ م
أنجستروم (أ)	= $١٠^{-١٠}$ م

الحجم

الوحدة الأساسية هي اللتر وهي تساوي ديسيمتر مكعب (دسم^{٣}) أي ١٫٠٦ كوارت. يزن اللتر من الماء عند أقصى كثافة له حوالي ١ كجم. وعلى ذلك فان ١ ميلليلتر (أي $١٠^{-٣}$ لتر) من الماء يزن تقريبا ١ جم. السنتيمتر المكعب الواحد (سم^{٣}) هو $١٠^{-٣}$ من الـديسيمتر المكعب (دسم^{٣}) وبالتالي فهو يساوي الميلليلتر ولذلك يستعمل كل منهما كمكافيء للآخر.

الكتلـة

الوحدة الاساسية هي الجرام (جم) المضاعفات والأجزاء:

كيلوجرام (كجم)	= $١٠^{٣}$ جم = ٢٫٢ رطل
سنتيجرام (سج)	= $١٠^{-٢}$ جم
ميلليجرام (مجم)	= $١٠^{-٣}$ جم
ميكروجرام (مكجم)	= $١٠^{-٦}$ جم

درجة الحرارة

الوحدة الأساسية هي درجة سيلسيوس (كانت تسمى الدرجة المئوية) °م. درجة صفر سيلسيوس هي درجة تجمد الماء ودرجة مائة سيلسيوس هي درجة غليان الماء. للتحويل من درجات سيلسيوس الى درجات فهر نهايت أو بالعكس: الدرجة بالفهر نهايت ـ ٣٢ = ٩/٥ الدرجة سيلسيوس

تحويلات نافعة

١ بوصة (اينش)	= ٢٫٥٤ سم
١ أوقية (أونصة)	= ٢٨٫٣٥ جم
١ رطل	=٤٥٣٫٦ جم
١ أوقية سائل أمريكية	= ٢٩٫٥٧ ميلليلتر
١ كوارت سائل أمريكي	= ٠٫٩٤٦ لتر

قائمة المصطلحات

GLOSSARY

مرتبة حسب الأبجدية العربية

الابتلاع الخلوي **ENDOCYTOSIS**

احاطة مادة غير خلوية بواسطة خلية مصحوبة بانبعاج واقتطاع جزء من الغشاء الخلوي. المادة المحاطة عندئذ تكون مغلفة داخل فجوة.

ابتلاع **INGESTION**

ادخال الطعام أو الماء الى الجسم.

أبو ميكسيس **APOMIXIS**

التكاثر بالبذور التي تكونت لاجنسيا وليس جنسيا.

اتحاد مشيجي **SYNAGMY**

اتحاد الأمشاج في التكاثر الجنسي.

اتزان **EQUILIBRIUM**

حالة توازن بين عمليتين متضادين.

الاتصال العضلي العصبي **MYONEURAL JUNCTION**

الاتصال بين خلية عصبية محركة وليفة عضلية.

اثراء غذائي **EUTROPHICATION**

العملية التي فيها يصبح جسما من الماء غنيا في المواد الغذائية الذائبة.

أثـري **VESTIGIAL**

لفظ يطلق على تركيب ضامر أو غير كامل النشأة وكان كامل النشأة في أحد الأطوار المبكرة من حياة الكائن أو في أسلافه.

أحادي التسكر — **MONOSACCHARIDE**

سكر بسيط مثل الجلوكوز (ك$_{٦}$ يد$_{١٢}$ أ$_{٦}$).

أحادي الجليسريد — **MONOGLYCERIDE**

جليسرول يحمل حامض دهني واحد.

أحادي العدد الكروموسومي — **HAPLOID**

بـه مجموعة واحـدة من الكرومـوسومـات . كما في حالة الأمشاج. يسمـى أيضـا monoploid.

أحادي المسكـن — **MONOECIOUS**

وجود كلا المخاريط أو الأزهار المذكرة والمؤنثة على نفس النبات.

أحشاء — **VISCERA**

أعضاء في تجويف الجسم.

أخاديد شعبية — **BRANCHIAL GROOVES**

سلسلة من الأخاديـد المزدوجة الخارجية في منطقة رقبة جنين الفقاريات والتي تقابل من حيث الموقع الجيوب البارزة للبلعوم (جيوب الخياشيم).

اختزال — **REDUCTION**

عملية اضافة اليكترونات الى مادة.

اخراج — **EGESTION**

التخلص من المواد غير المهضومة من القناة الهضمية.

اخراج السائل الأمنيوتي — **AMNIOCENTESIS**

اخراج السائل الأمنيوتي من امرأة حامل حتى يمكن دراسة تركيبه، أو زراعة الخلايا الموجودة بـه.

اديمـا — **EDEMA**

تجمع غير طبيعي لليمف في فراغات الأنسجة.

ارتباط — **LINKAGE**

ميل اثنين من الجينات للتوارث معا لأنهما موجودان على نفس الكروموسوم.

ارتخاء القلب — **DIASTOLE**

مرحلة ارتخاء القلب.

ارتداد التشكل — **DEDIFFERENTIATION**

ارتداد خلية متخصصة الى النوع الجنيني الأكثر عمومية.

ازاحة الصفات CHARACTER DISPLACEMENT

التباعد التطوري لنوعين والذي يقلل من المساحة البيئية المشتركة بينهما.

استروجين ESTROGEN

واحد من مجموعة الهرمونات الجنسية من بين تأثيراته المختلفة العمل على تشجيع ظهور الصفات الجنسية الثانوية.

أسموزية OSMOSIS

إنتشار مذيب (عادة الماء) خلال غشاء شبه منفذ.

أسيتايل كولين ACETYLCHOLINE

مركب عضوي يفرز عند نهايات الكثير من الخلايا العصبية. مزاج عصبي.

أشباة حجيرات THYLAKOIDS

أزواج من الأغشية المحتوية على الكلوروفيل تكون تراكيب تشبه الأقراص بداخل البلاستيدات الخضر. الأكوام المتراصة من أشباه الحجيرات تسمى الحبوب.

اشعاع تكييفي ADAPTIVE RADIATION

تطور، من نور واحد من الأسلاف، لعدة أنواع مختلفة متكيفة مع طرق معيشية مختلفة.

أشنة LICHEN

تجمع فيه تبادل منفعة بين فطر وطحلب.

الاصفرار ETIOLATION

ظاهرة تحدث للنباتات التي تربى في الظلام وتتميز باللون الباهت وطول السلاميات والأوراق الصغيرة.

أصل STOCK

جزء من نبات (عادة يحتوي على جذور) يتم غرس الطعم عليه.

اعتياد HABITULATION

عملية التعود على أي شيء.

افتراس PREDIATION

العيش على التهام كائنات اخرى.

افراز البيض OVULATION

افراز بيضة أو أكثر من المبيض.

أكتينومايسين د **ACTINOMYCIN D**

مضاد حيوي معزول من بكتيريا التربة وهو يعترض عملية تخليق الحامض RNA المعتمد على الحامض DNA.

أكسدة **OXIDATION**

عملية ازالة اليكترونات من المادة .

اكسون **EXON**

منطقة من جين تحمل الشفرة لعديد الببتيد. قارن مع انترون

آكل البقايا **SCAVENGER**

حيوان يتغذى على الكائنات الميتة أو بقايا الكائنات .

آكل الأعشاب **HERBIVORE**

حيوان يتغذى على النباتات .

أكويفر **AQUIFER**

طبقة في الأرض تكون مشبعة بالماء .

الانتويس **ALLANTOIS**

غشاء جنيني اضافي في الزواحف والطيور والثدييات وهو يكون جيبا ينمو للخارج من الجزء الخلفي للقناة الهضمية .

التصاق **ADHESION**

قوة الجذب بين جزيئات غير متشابهة .

إلتقاء **CONVERGENCE**

تطور الصفات المتشابهة سطحيا في الكائنات التي ليست بينها صلة قرابة ولكنها تعيش في بيئات متشابهة

التهاب **INFLAMMATION**

استجابة نسيج للضرر وتتميز بزيادة سريان الدم وارتفاع درجة الحرارة والاحمرار وتراكم خلايا الدم البيضاء والألم .

التهام **PHAGOCYTOSIS**

احاطة مواد صلبة بواسطة خلية .

الكترون **ELECTRON**

جسيم ذو شحنة سالبة يوجد خارج نواة الذرة .

امتلاء TUGOR

تمدد جدر خلية نباتية نتيجة تجمع الماء بداخل الخلية.

امفايسيما EMPHYSEMA

حالة تصيب الرئتين وتتميز بنقص السطح المتاح لتبادل الغازات.

امفيتامين AMPHITAMINE

عقار يشبه في تركيبه الجزيئي التركيب الجزيئي للأدرينالين والنور أدرينالين ويشاركهما في الخواص التنبيهية.

الأمنيون AMNION

غشاء جنيني اضافي في الزواحف، الطيور، الثدييات يحيط بالجنين في محفظة مملوءة بسائل.

الأميبا AMOEBA

حيوان أولي وحيد الخلية يتحرك بواسطة أقدام كاذبة.

أميليز AMYLASE

انزيم يهضم النشا أي يحللة تحليلا مائيا.

انبات GERMINATION

مواصلة الجنين للنمو في داخل البذرة، أو مواصلة جرثومة للنمو.

الانتاجية الصافية NET PHODUCTIVITY

كمية الطاقة المحبوسة في مادة عضوية أثناء فترة محددة عند مستوي غذائي معين مطروحا منها تلك المفقودة عن طريق تنفس الكائنات عند هذا المستوي.

انترون INTRON

جزء من جين تم نسخه في الحامض RNA ولكنه لايترجم الى عديد الببتيد.

انتشار DIFFUSION

هجرة جزيئات أو أيونات نتيجة لحركتها العشوائية من منطقة التركيز الأعلى الى منطقة التركيز الأقل.

الانتشار الغشائي DIALYSIS

فصل الجزيئات الذائبة عن طريق خاصية معدلاتها المختلفة للانتشار خلال غشاء شبه منفذ.

انتحاء TROPISM

استجابة تلقائية لنمو أو توجيه في اتجاه يحدده الإتجاه الذي يصيب المنبه منه الكائن .

أنتيجن **ANTIGEN**

مادة غريبة تتسبب في تكوين الأجسام المضادة، جزيء كبير (عادة بروتين أو مادة عديدة التسكر) عندما يدخل في جسم حيوان يكون غريبا عنه ويحثه على تكوين الأجسام المضادة.

أندروجن **ANDROGEN**

واحد من مجموعة من الهرمونات الجنسية لذكور الحيوانات الفقارية والتي تشجع نشوء الصفات الجنسية الثانوية .

إندونيوكلييز التحديد **RESTRICTION ENDONUCLEASE**

انزيم يقطع جزيئات الحامض **DNA** فقط عند أو بالقرب من تتابعات معينة من القواعد .

اندوسبرم **ENDOSPERM**

النسيج المغذي الذي يحيط بالجنين الناشيء في النباتات البذرية ويقوم بتغذيته .

انزيم **ENZYME**

حافز بروتيني ينتجه كائن حي .

انسلاخ **MOLT**

التخلص من الغطاء الخارجي .

الانشطار **CLEAVAGE**

الانقسام غير المباشر المتكرر للزيجوت الذي يكون البلاستولا عديدة الخلايا .

الانشطار **FISSION**

التكاثر اللاجنسي عن طريق انقسام الجسم الى اثنين أو أكثر من الأجزاء المتساوية .

الانقسام الاختزالي **MEIOSIS**

الانقسامان المتتابعان للخلية مع تضاعف واحد للكروموسومات واللذان ينتج عنهما أربعة خلايا بكل منها نصف عدد الكروموسومات الموجودة في الخلية الأصلية .

انقسام السيتوبلازم **CYTOKINESIS**

انقسام السيتوبلازم ـ على خلاف ما في النواة ـ أثناء الانقسام غير المباشر والانقسام الاختزالي .

الإنقسام غير المباشر **MITOSIS**

انقسام (خلوي أو ببساطة نووي) يلي تضاعف الكروموسومات حيث يكون لكل خلية (أو نواة) أختية نفس المحتويات الكروموسومية كالخلية الأصلية.

أنيميا (أو فقر الدم) **ANEMIA**

نقص خلايا الدم الحمراء أو الهيموجلوبين في الدم.

أوبسين **OPSIN**

الجزء البروتيني في الأصباغ البصرية للعين.

أوبيات (أفيونات) **OPIATE**

مادة مخدرة محضرة أو مشتقة من الأفيون.

أوكسين **AUXIN**

هورمون نباتي، من بين تأثيراته تشجيع استطالة الخلية.

آي جي أ **I g A**

مجموعة من جزيئات الأجسام المضادة توجد بوفرة في الدموع والكولوستروم وغيرهما من الافرازات.

آي جي إي **I g E**

مجموعة من جزيئات الأجسام المضادة تتحد مع المواد المحبة للقواعد ومع الخلايا السادية وهي مسئولة عن كثير من تفاعلات الحساسية.

آي جي سي **I g C**

مجموعة من جزيئات الأجسام المضادة موجودة بكثرة في الدم.

أيزمتري **ISOMETRIC**

انقباض العضلة بدون نقص في طولها.

أيض **METABOLISM**

تبادل المادة والطاقة بين الكائن وبيئته وتحول هذه الطاقة والمادة داخل الكائن.

أيون **ION**

ذرة أو مجموعة ذرات لها شحنة كهربية ناشئة عن اكتساب أو فقد اليكترونات.

باربيتيورات **BARBITURATE**

أي من عدة مئات من مشتقات حامض الباربيتيوريك المستخدمة كمسكنات(مثل الفينوباربيتال).

بازيديوم **BASIDIUM**

تركيب صولجاني الشكل منتج للجراثيم في الفطريات البازيدية تتكون على سطحه الخارجي أربعة جراثيم بازيدية.

باسط **EXTENSOR**

عضل يعمل على بسط الطرف.

بحيرة الجينات **GENE POOL**

كل الجينات في عشيرة معينة لأحد الأنواع.

بدائي **PRIMITIVE**

يشبه ذلك الموجود في التاريخ التطوري المبكر للعضو أو للكائن.

بدائي النواة **PROKARYOTE**

كائن لاتحتوي خلاياه على أنوية محاطة بأغشية ولا على عضيات أخرى محاطة بأغشية مثل الميتوكوندريا والبلاستيدات. تشمل البكتيريا والطحالب الزرقاء. غالبا تكتب procaryote.

بذرة **SEED**

نبات جنيني مزود بالغذاء وتحمية أغلفة البذرة. تعمل كوسيلة للانتشار في عاريات البذور وكاسيات البذور. تنشأ من البويضة المخصبة.

برانشيمية **PARENCHYMA**

نسيج نباتي يتكون من خلايا رقيقة الجدر وغالبا متباعدة بعض الشيء ويمارس عملية البناء الضوئي و/أو تخزين الغذاء.

برعم تناسلي **GONAD**

عضو منتج للأمشاج.

بروتوبلاست **PROTOBLAST**

خلية لنبات أو لبكتيريا نزع عنها غشاءها.

بروتون **PROTON**

جسيم ذو شحنة موجبة موجود في أنوية جميع الذرات. أيون الهيدروجين (يـد$^+$) هو بروتون.

بروتين الميولوما **MYELOMA PROTEIN**

جلوبيولين مناعي نقي (جسم مضاد) تنتجه سلالة سرطانية من خلايا البلازما.

بروتينيـز PROTEINASE

انزيم يعمل على تميوء الروابط الببتيدية في البروتينات.

بروتييــز PROTEASE

انزيم يعمل على تميوء الروابط الببتيديـة سواء في البروتينات أو في الببتيدات.

بروستـاجلاندين PROSTAGLANDIN

أي من عدد من الأحماض العضوية المحتوية على ٢٠ ذرة كربون والتي يتم تخليقها في الجسم من أحماض دهنية غير مشبعة وتكون مسئولة عن العديد من النشاطات الأيضية.

بعيـد DISTAL

يوجد بعيدا عن مكان المنشأ أو مكان اتصـال.

بقــولي LEGUME

أحد أفراد الفصيلة البقولية (أو القرنية) التي تضم البازلاء والفاصوليا والفول وأنواع البرسيم وغيرها.

بلازمـا PLASMA

الوسط السائـل للـــدم.

بلازموديـوم PLASMODIUM

كتلة متحركـة وعديدة الأنوية من البروتوبلازم.

بلاستوسيسـت BLASTOCYST

البـلاستيولا التي تتكـون بواسـطـة مشيمـة الثدييـات. والبلاستوسيست هي الطور الجنيني الذي ينزرع في جدار الرحم.

البلاستولا BLASTULA

الطور المبكر من نشوء الحيوان والذي فيه تحيط واحدة (عـادة) من الخلايا فراغا مملوءا بالسائل (البلاستوكول)، وبذلك تتكون كرة مجوفة.

بلاستيدة خضــــراء CHLOROPLAST

بلاستيدة تحتـوي على الكلوروفيـــل.

بلاناريان PLANARIAN

دودة مفلطحة تعيش حرة وعادة مائية. تكون تحت قسم من صف التوربيلاريا.

بلانكتون PLANKTON

كائنات من البروتيستا غالبا مجهرية وطافية . الحياة الحيوانية في كمية من الماء .

بلزمـــة **PLASMOLYSIS**

انكماش السيتوبلازم بعيدا عن جدار الخلية النباتية الموضوعة في وسط زائد التوتر بسبب فقد الماء بالخاصية الأسموزية .

بلمـــرة **POLYMER**

مركب يتكون الجزيء فيه من وحدات عديدة متكررة مرتبطة مع بعضها البعض .

البنـــاء **ANABOLISM**

عملية البناء الغذائي والتي يتم فيها تخليق المواد المعقدة من مواد أبسط .

بوليـب **POLYP**

جسم أنبوبي الشكل مثبت، يميز أغلب الكنيداريات على الأقل أثناء أحد أطوار حيـــاتها .

بوليميريز الحامض DNA **DNA POLYMERASE**

انزيم يحفز ارتباط نيوكليوتيدات دي أوكسي ريبوز مع بعضها البعض لتكوين الحامض DNA المكمل لقـالب إما من الحامض DNA أو من الحامض RNA (في حالة النسخ العكسي) .

بوليميريز الحامض RNA **RNA POLYMERASE**

انزيم يحث الربط بين الريبونيوكليوتيدات لتكوين حامض RNA متوافق مع قالب اما من الحامـض DNA أو من الحامض RNA

بويضة **OVULE**

حافظة جرثومية كبيرة موجودة بداخل مبيض النبـات البذري . بعد الأخصاب تتحـول البويضة الى بذرة .

بيتـاجلاكتوسيديـز **BETA - GALACTOSIDASE**

انزيم يقوم بالتحليل المائي للسكر الثنائي لاكتوز .

بيرميـــدين **PYRIMIDINE**

قاعدة أحادية الحلقـة محتويـة على النتروجين وتكون من بين مكونات الأحماض النووية .

بيورين **PURINE**

قاعدة مزدوجة الحلقة ومحتوية على النتروجين تكون من بين مكونات الأحماض النووية والكثير من المواد الأخرى ذات النشاطات الحيوية .

تاريخ تطوري PHYLOGENY

التاريخ التطوري للنـوع .

تألــق FLOURESCENCE

انبعاث ضوء من مادة بعد امتصاصها لاشعاع ذو طول موجة مختلفة .

تايجـــا TAIGA

(كلمة روسيـة) . الغابات المخروطية الشمالية .

تبادل منفعة MUTUALISM

ارتباط وثيق بين كائنين من نوعين مختلفين فيه فائدة متبادلة بينهما .

تباين الأمشاج HETEROGAMY

الحالة التي يكون فيها المشيجان غير متشابهين في التركيب، مثل الحيوان المنوي والبويضـــة .

التباين المستمـــر CLINE

التدرج المستمر في الاختلافات التركيبية والفسيولوجيـة التي تبدو على أفراد النوع الواحد .

تبرعـم BUDDING

التكاثر اللاجنسي فيه ينمو كائن جديد من نمو خارجي للأب .

تتابع SEQUENCE

الـترتيب الخـطي للأحماض النوويــة في سلسلة عديدة الببتيد أو للنيوكليوتيدات في حامض نووي .

تتابع الاشارات SIGNAL SEQUENCE

تتابع قصير من وحدات الحامض الأميني يوجد عند النهاية الأمينية لعديدات الببتيد حديثة التخليق ويتم التخلص منه عند دخول عديد الببتيد الى تجاويف الشبكة الاندوبلازمية .

تثبيت النتروجين NITROGEN FIXATION

تحويل النتروجين الجوى N_2 الى مركبات تحتوي على النتروجين مثل NH_3

التثبيط الرجعي FEEDBACK INHIBITION

تثبيط أول انزيم في المسار الأيضي بواسطة الناتج النهائي من هذا المسار.

تثبيط مناعي IMMUNOSUPPRESSION

استخدام عقار أو عامل آخر مثل الأشعة السينية لمنع الاستجابة المناعية.

تجـــدد **REGENERATION**

النمو ثانية لأجزاء مصابة أو مفقودة من كائن حي.

تجويـــف **LUMEN**

الفجوة الموجودة داخل تركيب أنبوبي مثل وعاء دموي أو قناة الكلية.

تجويف الجسم **COELOM**

التجويف الأساسي في جسم الكثير من الحيوانات ويكون مبطن بخلايا طلائية ناشئة من الميزودرم.

التحـــرك **KINESIS**

حركة تنتج بسبب منبه ولكنها لاتوجه في اتجاه معين.

تحلـــل **LYSIS**

انحلال الخلية بعد تحطم غشائها الخلوي.

التحمل المناعي **IMMUNOLOGICAL TOLERANCE**

العجز عن انتاج أجسام مضادة و/أو استجابة مناعية لأنتيجن معين عن طريق وساطة خلوية.

تحـــول **TRANSFORMATION**

تغيير الطراز الجيني للخلية بادخال حامض DNA من مصدر آخر اليها. أيضا يعني تحويل خلية عادية الى خلية سرطانية.

تخليـق **SYNTHESIS**

تكوين مركب من مواد أخرى، عادة أبسط منه.

تخثر البروتين **DENATURATION**

تغير الخواص الطبيعية والتركيب ثلاثي الأبعاد لبروتين بواسطة عوامل أضعف من أن تكسر الروابط البيبتيديـة.

تخمـر **FERMENTATION**

تحلل لاهوائي لمركب عضوي (مثل الجلوكوز) بواسطة كائن حي.

الترأس **CEPHALIZATION**

ميل تطوري نحـو تركيز المستقبـلات الحسية والجهـاز العصبي المركزي عند الطرف الأمامي للحيوان.

ترانسكريبتيز العكسي **REVERSE TRANSCRIPTASE**

انزيم يحفز تخليق الحامض **DNA** المتوافق مع قالب من الحامض **RNA** ، أي بوليميريز الحامض DNA المعتمد على الحامض **RNA**.

ترجمـــة **TRANSLATION**

تخليق عديد ببتيد على أساس الشفرة المعدة سابقا في جزء من الحامض **mRNA**.

تزاوج **CONJUGATION**

شكل من أشكال التكاثر الجنسي يتم فيه تبادل المادة الوراثية أثناء الاتحاد المؤقت بين خليتين. يحدث في الكثير من الهدبيات (مثل الباراميسيوم) وبعض البكتيريا.

التزاوج المنسّق **ASSORTATIVE MATING**

التزاوج بين الأفراد المتشابهين في احدى المجاميع ، وبذلك يكون التزاوج غير عشوائي.

تشابة الأمشاج **ISOGAMY**

حالـة يكون فيها المشيجين متشابهين في التركيب ، كما في الكلاميدوموناس.

التشكل **DIFFERENTIATION**

تغير تركيبي ووظيفي لخلية غير متخصصة بحيث تصبح متخصصة.

تصنيف **TAXONOMY**

من اليونانية : **taxis** بمعني ترتيب ، **nomos** بمعنى قانون) . تصنيف الكائنات الحية.

تضاعف كروموسومي **POLYPLOIDY**

به ثلاثة أو أكثر من المجموعات (احادية العدد الكروموسومي) الكروموسومية الكاملة.

تطور **METAMORPHOSIS**

عملية التحول (عادة فجأة) من يرقة الى الطور البالغ.

تعاقُب **SUCCESSION**

تغير تقدمي في طبيعة عشيرة نباتية في منطقة ما.

تعدد الأشكال **POLYMORPHISM**

وجود طرازات شكلية عديدة ومتميزة في العشيرة مثل ملكة وذكر وشغالات النحل.

تعدد الأشكال المتوازن **BALANCED POLYMORPHISM**

المحافظة على طرازين مظهريين متميزين أو أكثر في عشيرة بواسطة الانتخاب الطبيعي. قد يحدث تعدد الاشكال المتوازن نتيجة للانتخاب المضطرب ، أو (كما في حالة أنيميا الخلية المنجلية) اذا كان متباينو اللاقحة أكثر صلاحية من أي من متشابهي اللاقحة.

تعدد التأثير **PLEIOTROPY**

احداث أكثر من تأثير واحد على الطراز المظهري للكائن بواسطة جين واحد.

تفاعل ريدوكس **REDOX REACTION**

تفاعل كيميائي تنتقل الاليكترونات فيه من ذرة (تتأكسد) الى اخرى (فتختزل).

تفتت **DISSOCIATION**

فصل أيونات من جزيء أو تركيب بللوري.

التقدير الحيوي **BIOASSAY**

التقدير الكمي لقوة مادة نشطة بيولوجيا من خلال تأثيرها على الكائن الحي.

تكاثر جنسي **SEXUAL REPRODUCTION**

انتاج أفراد جدد باتحاد المادة الوراثية (DNA) لخليتين مختلفتين، عادة أمشاج وعادة من أبوين مختلفين.

تكاثر لاجنسي **ASEXUAL REPRODUCTION**

التكاثر بدون اتحاد الأمشاج (أو أية مادة نووية).

تكافل **SYMBIOSIS**

المعيشة في ترابط وثيق بين كائنات من أنواع مختلفة. تبادل المنفعة والتطفل والمشاركة الغذائية هي من صور التكافل.

تكييف (تأقلم) **ADAPTATION**

أي ميزة لكائن تساهم في بقائه حيا في بيئته.

تلاحم **SYNAPSIS**

إتحاد (جنبا إلى جنب) بين الكروموسومات المتماثلة في المراحل المبكرة للإنقسام الإختزالي.

تلقيح **COPULATION**

اتحاد جسماني بين حيوانين يتم خلاله انتقال الخلايا المنوية من أحدهما الى الآخر.

تماسك **COHESION**

قوة الجذب بين الجزيئات المتشابهة.

تموجات ذاتية **PERISTALSIS**

موجات متتابعة تمر طوليا بجدر الأعضاء الأنبوبية مثل الأمعاء فتدفع محتوياتها للأمام.

التميـوء (التحليل المائي) **HYDROLYSIS**

تحليل مادة بادخال جزيئات الماء بين بعض روابطها. الهضم خارج الخلايا يحدث بالتمييوء.

تندرا **TUNDRA**

سهول مستوية نسبيا ليس بها أشجار، شمال اقليم التايجا وجنوب المنطقة القطبية الشمالية.

تنشيط **INDUCTION**

عملية تحدث في الجنين فيها يقوم نسيج بتوجيه تشكل نسيج آخر.

تنشيط المنشيء **PRECURSOR ACTIVATION**

تنشيط آخر انزيم في المسار الأيضي بواسطة مادة التفاعل الخاصة بالانزيم الأول في هذا المسار.

التنوع **SPECIATION**

نشأة الأنواع.

تهجين خارجي **OUTBREEDING**

تزاوج بين أفراد متباينة وراثيا وغير قريبة النسب.

التوالد البكري **PARTHENOGENESIS**

نشوء بيضة غير مخصبة الى فرد جديد. غالبا يحدث بصورة طبيعية في نباتات وحيوانات معينة مثل حشرات المن.

تور **TORR**

وحدة لقياس الضغط تساوي الضغط الناتج عن عمود من الزئبق إرتفاعه ١مم، أي تساوي ١مم/زئبق.

التوقيت الضوئي **PHOTOPERIODISM**

استجابة نشوئية أو سلوكية من الكائن لطول مدة النهار أو الظلام.

تونس **TONUS**

الانقباض الجزئي المتواصل لعضلة.

تيتانوس **TETANUS**

أقصى انقباض متواصل لعضلة.

تيراتوجين **TERATOGEN**

مادة تسبب تشوهات المواليد.

ثرومبين **THROMBIN**

(من اليونانية : بمعنى جلطة). انزيم يحول الفيبرينوجين الى فيبرين.

ثغر تنفسي **SPIRACLE**

١) في الحشرات : الفتحة الخارجية للقصبة الهوائية، ٢) في كثير من الأسماك : البقية الأثرية لأول شق جيشومي في أسلافها من الأسماك عديمة الأسنان.

ثمرة **FRUIT**

مبيض ناضج (وأحيانا بعض الأجزاء المساعدة) لزهرة.

ثالث فوسفات الأدينوزين **ADENOSINE TRIPHOSPHATE (ATP)**

مركب عضوي وهو المنبع المباشر للطاقةاللازمة لأنشطة الخلايا.

ثنائي التسكر **DISACCHARIDE**

سكر مثل السكروز يمكن تميوءه الى اثنين من أحاديات التسكر.

ثنائي العدد الكروموسومي **DIPLOID**

به اثنان من كل نوع من الكروموسومات عدا كروموسومات الجنس : يرمز له بالرمز $_٢$ن.

ثنائي المسكن **DIOECIOUS**

يحمل الأعضاء الجنسية المذكرة على نبات والأعضاء الجنسية المؤنثة على نبات آخر من نفس النوع. نخيل البلح ثنائي المسكن.

ثنائي نيوكليوتيد النيكوتيناميد أدنين **NICOTINAMIDE ADENINE DINUCLEOTIDE (NAD)**

مرافق انـزيمي ينقل الاليكترونات بداخل الخلية. كان يسمى ثنائي فوسفوبيريدين نيوكليوتيد (DPN) أو المرافق الانزيمي ـ١ .

جاسترولا **GASTRULA**

أحد اطوار النشوء في الحيوانات يتكون خلاله الجلد الداخلي والمتوسط والتجويف المعوي.

جالـــس **SESSILE**

١) في النباتات : يفتقر الى وجود العنق مثل ورقة بدون عنق،

٢) في الحيوانات : ملتصق بشيء، مثبت.

جذر عرضي **ADVENTITIOUS ROOT**

جذر ينشأ من ساق أو ورقة.

جذر فطريات MYCORRHIZA

علاقة تكافلية لفطر مع جذور نباتات .

الجذير RADICLE

الجزء الجذري من جنين النباتات البذرية .

جرثومة (بوغ) SPORE

تركيب تكاثري لاجنسي، عادة وحيد الخلية يعمل على انتشار النوع و/أو يمكنه من تخطي الظروف غير المواتية، كما أنه ينمو ليعطي فرد جديد .

جرثومة سابحة ZOOSPORE

جرثومة لها أسواط وسابحة في وسط سائل . تنتج عن طريق التكاثر اللاجنسي .

جزيء MOLECULE

(من اللاتينية moles بمعنى كتلة) أصغر جزء مترابط تساهميا من عنصر أو مركب يحتفظ بخواص تلك المادة . مثـال : O_2 ، H_2O

جزىء كبير MACROMOLECULE

جزىء له وزن جزيئي من عدة آلاف أو أكثر . البروتينات والأحماض النووية والسيليلوز والنشا من الجزيئات الكبيرة .

جسم مرفقي جانبي LATERAL GENICULATE BODY

واحـد من زوج من مراكز المخ حيث تتلاحم نهايات الأعصاب البصرية مع الخلايا العصبية الرابطة المؤدية الى القشرة البصرية .

جسم مضاد ANTIBODY

بروتين ينتجه الحيوان الفقاري يمكنه الاتحاد مع مادة دخيلة (أنتيجن) معينة .

جلايكوبروتين GLYCOPROTEIN

بروتين تتصل به تساهميا سكريات و/أو مواد عديدة التسكر.

الجلد الخارجي ECTODERM

الطبقة الخارجية من الخلايا في جنين الحيوان .

الجلد الداخلي ENDODERM

اخر طبقة داخلية من الخلايا في جنين الحيوان .

الجلكزة GLYCOLYSIS

الهدم اللاهوائي للجلوكوز.

جلوبيولين مناعي IMMUNOGLOBULIN

جزىء بروتين يعمل كجسم مضاد.

جماعة أصلية CLONE

النسل الناتج عن طريق التكاثر اللاجنسي لخلية واحدة أو كائن واحد. تمتاز بتركيب وراثي متماثل.

جماعة حيوية BIOME

جماعة نباتية وحيوانية ينتجها ويحافظ عليها المناخ. فمنطقة الغابات الصنوبرية في أمريكا الشمالية (التايجا) تكون جماعة حيوية واحدة.

جنس GENUS

فئة تصنيفية تضم (غالبا) عدة أنواع متقاربة جدا. الأجناس المتشابهة تنضم مع بعضها في فصيلة.

جنين EMBRYO

حيوان أو نبات في طور مبكر من النشوء من زيجوت.

جنين FETUS

حيوان ثديي لم يولد بعد وقد اكتمل معظم نموه التركيبي وتشكله (في الانسان يحدث ذلك بعد ثلاثة أشهر من النشوء).

جهاز SYSTEM

مجموعة أعضاء تعمل كوحدة واحدة على أداء وظيفة واحدة أو أكثر، مثل أعضاء الجهاز الهضمي.

جهد التثبيط INHIBITORY POSTSYNAPTIC POTENTIAL (IPSP)

الاستقطاب الزائد الذي ينشأ في خلية عصبية نتيجة لوصول قدرة فعلية عند أطراف خلية عصبية اخرى متلاحمة معها.

جهد التهيج EXCITATORY POSTSYNAPTIC POTENTIAL (EPSP)

الاستقطاب العكسي الجزئي الناشيء في خلية عصبية بوصول قدرة فعلية عند نهاية خلية عصبية أخرى متلاقية معها.

جهد ريدوكس REDOX POTENTIAL

مقياس بالفولت لألفة المادة للاليكترونات بالمقارنة مع الهيدروجين (والمضبوطة عند الصفر). المواد ذات السالبية الكهربية (أي القادرة على الأكسدة) الأقوى من

الهيدروجين لها جهد ريدوكس موجب. المواد ذات السالبية الكهربية الأقل من الهيدروجين (أي القادرة على الاختزال) لها جهد ريدوكس سالب.

جهد نهاية اللوحة **END PLATE POTENTIAL (EPP)**

الاستقطاب الجزئي الناشيء داخل ليفة عضلية في منطقة اتصال نشاط عصبي عضلي.

الجينات المتضادة المتعددة **MULTIPLE ALLELES**

اكثر من زوج من الجينات المتضادة موجودة عند موقع جيني معين في عشيرة.

جين تركيبي **STRUCTURAL GENE**

تتابع من النيوكليوتيدات يحمل الشفرة لناتج جيني واحد، أي يتم نسخه الى جزيء من حامض **RNA**.

جين التشغيل **OPERATOR GENE**

جين يعمل على فتح و غلق الجينات التركيبية المجاورة له.

جين مضاد **ALLELE**

شكل بديل لجين قد يوجد عند موقع جيني معين.

الجين المنظم **REGULATOR GENE**

الجين المنتج للكابت.

حافظة جرثومية **SPORANGIUM**

تركيب تنشأ بداخله الجراثيم غير الجنسية.

حافــة **THRESHOLD**

أدنى شدة لمنبه يستجيب لها تركيب.

حامض **ACID**

جزيء أو أيون يطلق بروتونات، عادة في الماء.

الحامض دي أوكسي ريبونيوكلييك **DEOXYRIBONUCLEIC ACID (DNA)**

حامض نووي موجود في الكروموسومات التي تختزن المعلومات الوراثية للكائن.

حامض ريبونيوكلييك **RIBONUCLEIC ACID (RNA)**

حامض نووي يوجد في النواة وفي السيتوبلازم ويعمل في تخليق البروتين.

حامض نووي **NUCLEIC ACID**

بلمرة من النيوكليوتيدات، **DNA** و **RNA**.

حبل عصبي **NOTOCHORD**

قضيب طولي مرن يقع بين الجهاز العصبي المركزي والقناة الهضمية أثناء بعض أطوار النشوء في جميع الحبليات . وفي الفقاريات يحل محله عادة عمود من الفقرات .

حركة تلقائية TAXIS

حركة تلقائية لكائن متحرك في اتجاه يحدده الاتجاه الذي يصيبه منه المنبه .

حساسية ALLERGY

استجابة مناعية زائدة ، أي زيادة حساسية لمادة دخيلة على الجسم (أنتيجين) .

حفّاز CATALYST

مادة تسرع معدل التفاعل الكيميائي دون أن تستهلك أثناء هذه العملية .

حفرية FOSSIL

أي بقايا لكائن أو دليل محفوظ في التربة يدل على وجوده .

حقيقي النواة EUKARYOTE

كائن يتميز بأن خلاياه تحتوي على نواة محاطة بغشاء . غالبا تكتب **eucaryote**.

حويصلة توازن STATOCYST

عضو الاتزان الموجود في بعض اللافقاريات المائية .

حيوان أولى PROTOZOAN

كائن حقيقي النواة وحيد الخلية ، شاذ التغذية وغالبا متحرك . الأميبا مثال شائع .

حيوان كيسي MARSUPIAL

أي حيوان من رتبة الثدييات ذات الجيب مثل الكانجارو والأوبوسام والخفاش الكيسي .

حيوانات بيوضة OVIVIPAROUS

حيوانات ذوات أجنة تنمو الى الطور البالغ بداخل جسم الأم بينما تؤمن غذاءها من البيضة بدلا من تأمينه من أنسجة الأم مباشرة مثل العديد من الحشرات والقواقع والأسماك والسحالي والثعابين .

حيوي IN VIVO

(من اللاتينية : في الحياة) . تعبير يشير الى تجارب أجريت على كائن حي .

خارجي الحرارة ECTOTHERM

حيوان يحافظ على حرارة جسمه بامتصاص الحرارة من الجو المحيط به .

خرطوم **PROBOSCIS**

امتداد أنبوبي عند الطرف الأمامي للحيوان ويستخدم عادة في التغذية.

خشب **XYLEM**

نسيج وعائي ينقل الماء والمعادن الذائبة من الجذور الى أعلى وغالبا يدعم النبات أيضا.

خَصْـي **VASECTOMY**

الإزالة الجراحية لجزء من كل وعاء ناقل وذلك لمنع اضافة الحيوانات المنوية الى السائل المنوي.

خليـة ب **B CELL**

خلية نشطة مناعيا (خلية ليمفاوية) لاتعتمد في نشاطها على الغدة التيموسية. الخلايا المفرزة للأجسام المضادة (الخلايا البلازمية) تنشأ من الخلايا ب.

خليـة ت **T CELL**

خلية ليمفاوية تحتاج الى وجود الغدة التيموسية كي يكون لها نشاط مناعي.

خلية عصبية بينية **INTERNEURON**

أي خلية يتم تنشيطها بواسطة خلايا عصبية أخرى ثم تقوم بدورها بتنشيط خلايا عصبية أخرى. في الفقاريات توجد معظم الخلايا العصبية البينية فقط في الجهاز العصبي المركزي. تسمى أيضا بالخلايا العصبية الرابطة.

خميرة **YEAST**

فطر زقي وحيد الخلية. أحد أنواع الخميرة يستخدم في صنع البيرة وعمل الخبز لكفاءته في تخمر المواد الكربوهيدراتية الى كحول ايثيلي وثاني أكسيد كربون.

دالتـون **DALTON**

وحدة وزن تعادل $\frac{1}{12}$ من وزن ذرة الكربون١٢ ^{12}C.

داخلي الحرارة **ENDOTHERM**

حيوان يحافظ على حرارة جسمه من الحرارة المتولدة من الأيض الداخلي له.

درجة الحموضة **pH**

اللوغاريتم السالب لتركيز أيونات الهيدروجين (بالمول في اللتر) في المحلول. وهو مقياس لدرجة الحموضة والقلوية.

دوبـال **HUMUS**

مادة عضوية في التربة.

دودة مفلطحـــة **FLATWORM**

أي عضو من قبيلة الديدان المفلطحة. منها الديدان الكبدية والديدان الشريطية والتربلاريانات.

دهن مفسفـــر **PHOSPHOLIPID**

أحد مشتقات الدهون فيه يستبدل حامض دهني واحد بمجموعة فوسفات وبواحد من عدة جزيئات تحتوي على النتروجين.

ذائـب **SOLUTE**

مادة ذائبة في محلول

ذاتي التغذيـــة **AUTOTROPHIC**

قادر على تخليق مواد عضوية من مواد خام غير عضوية.

ذاتي التغذية الكيميائية **CHEMOAUTOTROPHIC**

كائن ذاتي التغذية يستخدم الطاقة الناتجة من أكسدة بعض المواد غير العضوية. صفة مميزة لبعض أنواع البكتريا.

ذرّة **ATOM**

أصغر جزء من عنصر يمكنه أن يدخل في اتحاد مع عناصر أخرى.

ذوات الدم البارد **POIKILOTHERMIC**

لها حرارة جسم تتأرجح مع حرارة الوسط المحيط بالجسم.

ذوات الدم الحار **HOMEOTHERMIC**

لها حرارة جسمية ثابتة وأعلى من درجة الحرارة المعتادة للجو المحيط بها، لذلك تسمى ذوات الدم الحار.

ذو سالبية كهربية **ELECTRONEGATIVE**

له تجاوب مع الاليكترونات.

رابطة أيونيـــة **IONIC BOND**

رابطة كيميائية تنشأ بين أيونات ذات شحنة مختلفة.

رابطة تساهمية **COVALENT BOND**

رابطة كيميائية تتكون بواحد أو أكثر من أزواج الاليكترونات المشاركة.

الرأس الصدري **CEPHALOTHORAX**

الرأس الملتحمة بالصدر والموجودة في العنكبوتيات والكثير من القشريات .

رايز وبيوم RHIZOBIUM

بكتيريا التربة المنتمية الى جنس بهذا الاسم وهي قادرة على تثبيت النتروجين بعد اقامة علاقة تكافلية مع جذر نبات بقولي .

رحيق NECTAR

محلول سكري تفرزه النباتات ويصنع النحل منه العسل .

رونتجين مكافيء رجل REM (ROENTIGEN EQUIVALENT MAN)

كمية الأشعاع الممتص التي تسبب ضررا لأنسجة الانسان يكافيء الضرر الذي يحدثة رونتجن واحد من الأشعة السينية .

ريبونيوكليوبروتين RIBONUCLEOPROTEIN

مـــركب معقـــد من الحامـض RNA والبروتين .

الريشـــة PLUMULE

البرعم الطرفي لجنين النبات ، عادة تتكون من أوراق جنينية والسويقـة الجنينية العليا .

زائد التوتـــر HYPERTONIC

تركيز الماء به أقل من تركيز الماء في المحلول الذي يقارن معه .

زراعة أحاديـــة MONOCULTURE

زراعة مساحات كبيرة بنوع واحد من المحاصيل النباتية .

زيجـــوت ZYGOTE

خلية تتكون نتيجة اتحاد مشيجين .

السائل البين خلوي INTERSTITIAL FLUID

السائل المستخلص من الدم ويوجد بين خلايا الحيوانات ومن ثم فهي تكون مغمورة فيه . ينتج الليمف من هذا السائل .

السائل المحيط بالخلية EXTRACELLULAR FLUID (ECF)

السائل الذي تكون الخلايا مغمورة فيه .

ستيرويـــد STEROID

أحد المركبات العديدة القابلة للذوبان في الدهون والنشطة حيويا وتحتوي جزيئاتها على نظام من أربعة حلقات بها ١٧ ذرة كربون (أنظر الشكل ٤-٨) .

سرطان CANCER

أي من مجموعة من الأمراض التي تتميز بتكاثر للخلايا لايمكن التحكم فيه .

سرطان الـــدم **LEUKEMIA**

سرطان يتميز بزيادة غير محكومة في عدد خلايا الدم البيضاء .

سرطانـي (أو مسرطن) **CARCINOGENIC**

مادة مسببة للسرطان

سعـــر **CALORIE**

كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة جرام واحد من الماء درجة واحدة مئوية . عندما تكتب بحروف كبيرة فهي تعني وحدة حرارية مساوية لألف ضعف من الوحدة السابقة .

سكر خماسي **PENTOSE**

سكر يحتوي على خمس ذراتِ كربون مثل الريبيولوز.

سكر سداسي **HEXOSE**

سكر يحتوي على ست ذرات كربون . الجلوكوز سكر سداسي .

سكلرنشيمـــة **SCLERENCHYMA**

نسيج نباتي دعامي يتكون من خلايا ذات جدر منتظمة التغليظ وغالبا ملجننة .

السكون **DIAPAUSE**

فترة كمون ، تحدث عادة في الحشرات .

سلسلة غذائيـة **FOOD CHAIN**

تتابع من الكائنات فيه كل كائن يستخدم الذي يسبقه في التتابع كمصدر للغذاء وهو بدوره يؤكل بواسطة الكائن الذي يليه .

ســـم **TOXIN**

من نواتج الأيض (عادة بروتين) لكائن حي ويكون ساما لكائن حي آخر.

سوميت **SOMITE**

إحدى كتل الميزودرم التي تنشأ في سلسلة طولية على كل من جانبي الحبل الشوكي في أجنة الفقاريات .

السويقة الجنينية السفلي **HYPOTOCTYL**

الجزء من الساق الجنينية للنبات أو من البادرة الواقع أسفل العقدة التي تتصل عندها الفلقات .

السويقة الجنينية العليا EPICOTYL

الجزء من ساق جنين النبات أو البادرة الموجود فوق العقد التي تتصل عندها الفلقات ببعضها البعض .

السيادة المتكافئة CODOMINANCE

التعبير المستقل لكل من الجينين المتضادين في الفرد متباين اللاقحة .

السيتوبلازم CYTOPLASM

اصطلاح عام لكل محتويات الخلية خارج النواة وداخل غشاء الخلية .

سيتوسول CYTOSOL

السائل الذي تعلق فيه عضيات السيتوبلازم . يسمى أيضا هيالوبلازم أو المادة الأساسية .

سيتوكروم CYTOCHROME

واحد من العديد من البروتينات المحتوية على حديد، موجود في الميتوكوندريا والبلاستيدات الخضر وهي التي تقوم بنقل الاليكترونات في عمليتي التنفس الخلوي والبناء الضوئي على التوالي .

سيتوكنين CYTOKININ

واحد من مجموعة من المركبات المحتوية على أدنين وتحفز عملية الانقسام غير المباشر في النباتات .

السيرة التطورية RECAPITULATION

وجود أطوار في النشوء الجنيني للفرد يظن أنها كانت موجودة في النشوء الجنيني لأسلافه .

سيستول SYSTOLE

طور من أطوار انقباض القلب .

سيندروم SYNDROME

(من اليونانية بمعنى توليفة) . مجموعة الأعراض والعلامات المميزة لمرض معين .

سيوبرين SUBERIN

مادة شمعية توجد في جدر خلايا الفلّين فتجعلها غير منفذة للماء .

شابارال CHAPARRAL

الغابة الشجيرية الموجودة في جنوب كاليفورنيا .

شاذ التغذية HETEROTROPHIC

يتطلب مدد من المواد العضوية (طعام) من البيئة .

شالــون **CHALONE**

مادة يفرزها النسيج لمنع الانقسام غير المباشر في هذا النسيج .

شبة سم **TOXOID**

سم معالج بحيث يفقد خواصه السامة ولكن يبقي قادرا على تنبيه عملية انتاج الأجسام المضادة .

شبيه **ISOMER**

جزيء له نفس الصيغة الجزيئية لجزيء آخر ولكن بصيغة تركيبية مختلفة ، مثل الجلوكوز والفركتوز.

شبيه الانسان **HOMINID**

مخلوق يشبه الانسان ـ على خلاف مخلوق يشبة القرد .

شجيــري **DENDRITE**

امتداد متفرع وعادة قصير من الخلية العصبية تنشأ فيه القدرة المحركة .

صبغــة **PIGMENT**

مادة تمتص الضوء ، غالبا انتخابيا .

صوت أساسي **PHONEME**

أحد الأصوات الأساسية التي يتكون منها الكلام .

طاقــة **ENERGY**

القدرة على أداء عمل .

طبقة تحتيــة **SUBSTRATE**

١) مادة يعمل عليها انزيم ،

٢) قاعـدة (مثل تربـة أو صخـرة) يعيش عليها كان حي . تسمى أيضا **substratum.**

طحالب زرقاء **CYANOBACTERIA**

طحالب خضراء مزرقة .

طراز جيني **GENOTYPE**

التكوين الوراثي للفرد

طحلب **ALGA**

كائن يستـطيع أن يقـوم بعملية البنـاء الضوئي . يشبه النبات، وعادة يوجد ناميا في

الأماكن المائية أو الرطبة.

طراز مظهري PEHNOTYPE

مظهر الكائن الحي، وهو ناتج عن التفاعل بين طرازه الجيني والبيئة التي يعيش فيها.

الطراز النووي KARYOTYPE

كل مجموعة الكروموسومات الموجودة في خلية.

الطرد الخلوي EXOCYTOSIS

تفريغ المواد المحصورة في فجوات من الخلية عن طريق التحام غشاء الفجوة مع غشاء الخلية.

طعم SCION

جزء مقطوع من نبات مثل قطعة من ساق يطعّم على نبات آخر.

طفرة MUTATION

تغير ثابت موروث في جين.

طفيل PARASITE

كائن حي يعيش على أو في داخل كائن حي آخر ويستمد منه غذاءه ويسبب له بعض الضرر.

الطلب الكيميائي الحيوي للأكسجين BIOCHEMICAL OXYGEN DEMAND (BOD)

الأكسجين المطلوب (بالميلليجرام/لتر أو بالجزء في المليون) للبكتيريا وغيرها من الكائنات الدقيقة لأكسدة المادة العضوية الموجودة في عينة ماء مثل الماء الملوث بالمجاري. يسمى أيضا بالطلب الحيوي للأكسجين.

الطور الجرثومي SPOROPHYTE

مرحلة في دورة حياة النبات يكون فيها ثنائي العدد الكروموسومي ومنتج للجراثيم.

طور مشيجي (أو جاميطي) GAMETOPHYTE

مرحلة في دورة حياة النبات تكون أحادية العدد الكروموسوي ومنتجة للأمشاج.

طيف الامتصاص ABSORPTION SPECTRUM

الطيف الكهرومغناطيسي الذي تعتبر شدته عند كل طول موجة مقياسا لكمية الطاقة عند طول الموجة التي مرت خلال مادة تم اختيار درجة امتصاصها.

طيف الفعل ACTION SPECTRUM

معدل نشاط فسيولوجي مرسوم بيانيا في مقابل طول موجة الضوء.

عائل ابتدائي **PRIMARY HOST**

العائل الذي يستخدمه عادة الطفيل أثناء الطور البالغ من دورة حياته.

عائل وسيط **INTERMEDIATE HOST**

عائل يستخدمه الطفيل عادة خلال طور غير بالغ أو طور يرقي في دورة حياة العائل.

عاريات البذور **GYMNOSPERMS**

النباتات الوعائية المنتجة للبذور والتي لا توجد بذورها داخل مبيض. تشمل الصنوبريات والسيكادات وأشجار المعبد.

عديد الببتيد **POLYPEPTIDE**

جزيء يتكون من أقل من مائة حامض أميني مرتبطة مع بعضها في سلسلة واحدة.

عديد التسكر **POLYSACCHARIDE**

مادة كربوهيدراتية (مثل النشا والسيليلوز) تتكون من ثلاثة أو أكثر من أحاديات التسكر المرتبطة مع بعضها.

عذراء **PUPA**

طور (عادة ساكن) بين اليرقة والطور البالغ للحشرات ذات التطور الكامل.

عشبي **HERBACEOUS**

غير خشبي.

عشيرة **POPULATION**

جميع أفراد النوع الواحد الموجودون في منطقة محددة.

عضو **ORGAN**

مجموعة من الأنسجة تؤدي وظيفة معينة للحيوان أو النبات، مثل المعدة والورقة.

عضوي **ORGANIC**

لفظ يصف كل المركبات التي تحتوي جزيئاتها على الكربون مع استثناءات قليلة مثل ثاني اكسيد الكربون والكربونات.

عضية **ORGANELLE**

جزء متخصص من خلية. مثل الفجوة القابضة. مكافيء للعضو.

عصب **NERVE**

حزمة من الأكسونات.

عصب طويل (أكسون) **AXON**

امتداد فردي لخلية عصبية (عادة طويل وغالبا متفرع)، والذي يقود النبضات العصبية بعيدا عن الأفرع العصبية القصيرة الشجرية.

عظمة صغيرة **OSSICLE**

عظمة صغيرة مثل تلك التي تنقل الذبذبات عبر الأذن الوسطى.

عقـــدة **NODE**

في النباتات، هي المكان من الساق الذي تنشأ عنده ورقة أو أكثر.

عقـدة عصبية **GANGLION**

كتلة صغيرة من النسيج العصبي تحتوي على أجسام الخلايا العصبية.

علم البيئـة **ECOLOGY**

دراسة العلاقات المتداخلة بين الكائنات وبيئتها.

علم الحيوان **ZOOLOGY**

دراسة الحيوانات.

علم الشكل الخارجي **MORPHOLOGY**

دراسة تركيب الكائنات

علم النبات **BOTANY**

دراسة النباتات.

علم وظائف الأعضاء **PHYSIOLOGY**

دراسة العمليات التي تحدث في الكائنات الحية.

عنصر **ELEMENT**

أي واحد من حوالي مائة مادة تتكون كل منها من نوع واحد فقط من الذرات ولا يمكن تحللها الى مواد أبسط.

عوامل متعددة **MULTIPLE FACTORS**

جينات غير متضادة تؤثر في نفس الصفة بطريقة تجمعية.

غرس **INTROGRESSION**

ادخال جينات من أحد الأنواع في بحيرة الجينات الخاصة بنوع آخر.

غروي **COLLOID**

مادة يتراوح حجم دقائقها (أي جزيئات كبيرة أو تجمعات من جزيئات صغيرة) بين ١ نانومتر ومائة نانومتر.

غزل فطري MYCELIUM

كتلة الخيوط المتداخلة التي يتكون منها الفطر.

غمد الريشة COLEOPTILE

غمد يوجد حول الريشة في بادرات النجيليات.

غمد المايلين MYELIN SHEATH

غلاف دهني موجود حول العديد من الأعصاب.

غير عضوي INORGANIC

لفظ يصف كل المركبات التي لاتحتوي على الكربون وكذلك عدد قليل من المركبات البسيطة التي تحتوي على الكربون مثل ثاني أكسيد الكربون والكربونات.

فتحات خيشومية GILL SLITS

فتحات مزدوجة من البلعوم الى الخارج توجد في العديد من الحبليات المائية عندما تتفتح الجيوب الخيشومية عند الأخادية الشعبية.

فترة السكون LATENT PERIOD

الفترة الفاصلة بين إستخدام منبه وإكتشاف أول إستجابة له.

فترة عدم الإستجابة REFRACTORY PERIOD

فترة وجيزة تتبع استجابة خلية عصبية او ليفة عضلية تكون أثناءها غير قادرة على استجابة ثانية.

فجوة عصبية SYNAPSE

فجوة بين خليتين عصبيتين ينتقل عبرها النبض العصبي.

فراغ كاذب PSEUDOCOEL

فراغ جسم يوجد في بعض الحيوانات مثل الديدان الأسطوانية بين جدار الجسم (الميزودرم) لاتبطنه طبقة من الخلايا الميزودرمية كما في الفراغ الحقيقي.

الفراغ الوسطي للانبعاج الجنيني ARCHENTERON

التجويف المركزي للانبعاج (جاسترولا) في الجنين، والذي سيصبح فيها بعد القناة الهضمية.

فراغي مغاير ALLOSTERIC

تطلق على تغير في خواص (ربما أيضا في شكل) بروتين يتبع ارتباط جزيء صغير بموقع على البروتين بدلا من موقعه النشط.

فشل الانفصال NONDISJUNCTION

فشل كروموسومين متماثلين في الانفصال أثناء الانقسام الاختزالي.

الفصل اللوني **CHROMATOGRAPHY**

عملية فصل مكونات مزيج باستخدام الإدمصاص التفاضلي لهم على قالب غير ذائب مثل الورق عندما يمر هذا المزيج خلال هذا القالب.

فطر **FUNGUS**

كائن بسيط غير متحرك لايقوم بالبناء الضوئي وحقيقي النواة. يعيش مترمما أو متطفلا. من أمثلته العفن والخمائر وعيش الغراب وغيرها.

فلافين **FLAVIN**

صبغة صفراء عندما تتحد مع بروتين تنقل اليكترونات الى السيتوكرومات.

فلورة **FLORA**

الحياة النباتية في بيئة معينة.

فقاري **VERTEBRATE**

حيوان له عمود فقري. يشمل الأسماك والبرمائيات والزواحف والطيور والثدييات.

فوفيا **FOVEA**

انخفاض ضحل في الشبكية لايحتوي على قضبان أو أوعية دموية ولكنه غني بالمخاريط ويمد الحيوان بأدق رؤية.

فونا **FAUNA**

الحياة الحيوانية في بيئة معينة.

فيتامين **VITAMIN**

مركب عضوي يحتاج اليه الكائن بكميات ضئيلة في أيضه ولا يستطيع تخليقه من المواد الكربوهيدراتية والدهون والبروتينات الموجودة في غذائه.

فيروس بكتيري **BACTEIOPHAGE**

فيروس يصيب البكتيريا.

فيرومون **PHEROMONE**

مركب يفرز خارجيا بواسطة الحيوان ويؤثر على أفراد آخرين من نفس النوع.

فيريون **VIRION**

دقيقة فيروسية كاملة تتكون من مادة وراثية (الحامض DNA ، الحامض RNA) ومحاطة بغلاف بروتيني (وأحيانا مواد أخرى كذلك).

قابض **FLEXOR**

عضلة تعمل على ثني الأطراف.

قاعدة **BASE**

جزيء أو ذرة يمكنها أخذ بروتون من حامض.

قبيلة **PHYLUM**

فئة تصنيفية رئيسية تضم صف واحد أو أكثر. في تصنيف النباتات غالبا يستخدم اللفظ قسم بدلا من قبيلة.

القدرة المولدة **GENERATOR POTENTIAL**

تيار ضئيل ينشأ عبر غشاء خلية مستقبلة تم تنبيهها. تزداد قوته تبعا لقوة المنبه وعند مستوى معين (مستوى الحافة) يتسبب في بدء نبض عصبي أو أكثر في خلية عصبية مجاورة.

قريب **PROXIMAL**

يوجد بالقرب من مكان المنشأ أو مكان الاتصال.

قشرة **CHORION**

غشاء جنيني اضافي في الزواحف والطيور والثدييات يغلف الجنين كما يساهم في تكوين المشيمة في الثدييات.

قشرة **CORTEX**

الجزء الخارجي للعضو

القشرة الأرضية **LITHOSPHERE**

الصخور والمواد الصلبة الأخرى التي تكون قشرة الأرض.

قطبية **POLARITY**

التوجيه الأمامي ـ الخلفي الذاتي في كائن والذي يبدو أنه مسئول عن تجدد الأجزاء المفقودة من الجسم (كما في البلاناريان) بطريقة مناسبة لبقية أجزاء الجسم.

قطعة عضلية **SARCOMERE**

الوحدة المنقبضة المتكررة في الليفة العضلية. وتكون محدودة عند كل من طرفيها بخط (Z).

قطعة لسانية **PROGLOTTID**

احدى قطع الدودة الشريطية.

كائن حي **ORGANISM**

كائن حي مفرد.

كائن دقيق **MICRO ORGANISM**

كائن دقيق الحجم مثل البكتيريا والحيوانات الأولية والكثير من الطحالب. يسمى أيضا ميكروب.

الكابت **REPRESSOR**

بروتين يوقف فعل الجين باتحاده مع جين فعال.

كارسينوما **CARCINOMA**

سرطان الخلايا الطلائية.

كاره للماء **HYDROPHOBIC**

لفظ يستخدم لوصف الجزيئات او مجموعات الجزيئات التي تمتزج بقلة مع الماء. الهيدروكربونات والدهون مواد كارهة للماء.

كايتين **CHITIN**

مادة عديدة التسكر تحتوي على النتروجين وهي تكون الهيكل الخارجي لمفصليات الأرجل وجدر خلايا العديد من الفطريات.

الكتلة الحيوية **BIOMASS**

كل كمية المادة الحية في عشيرة معينة من الكائنات.

كربوهيدرات **CARBOHYDRATE**

مركب عضوي من الكربون، الهيدروجين، والأوكسجين، عادة بنسبة ٢ : ١ ذرات هيدروجين الى ذرات أوكسجين.

كروماتيدة **CHROMATIDA**

كل من خيطي كروموسوم مزدوج (كروماتيدات أختية) طالما بقيتا ملتصقتان ببعضهما عن طريق القطعة المركزية المشتركة بينهما.

كروماتين **CHROMATIN**

الكروموسومات المنتشرة الموجودة في أنوية حقيقيات النواة أثناء الطور البيني.

كروموسوم (صبغي) **CHROMOSOME**

تراكيب مستطيلة في نواة الخلية تحتوي على الحامض DNA وبروتين وتحمل الجينات. وعدد الكروموسومات في النواة عادة ثابت بالنسبة للنوع.

كروموسوم جسمي **AUTOSOME**

أي كروموسوم غير كروموسومات الجنس.

الكروموسوم العملاق **POLYTENE**

كلمة تستخدم لوصف الكروموسوم العملاق متعدد الخيوط الموجود في خلايا معينة نشيطة أيضيا في الحشرات.

كلوروفيل (يخضور) **CHLOROPHYLL**

الصبغة الخضراء المستخدمة في البناء الضوئي.

كنيداريا **CNIDARIA**

قبيلة الحيوانات التي تضم الهيدرا والأسماك الهلامية وأنيمونات البحر والمرجانيات. كانت من قبل تسمى الجوفمعويات.

كودون **CODON**

القواعد الثلاث المتجاورة في جزيء الحامض **DNA** أو الحامض **mRNA** والتي تحمل شفرة حامض أميني معين.

كولنشيمة **COLLENCHYMA**

خلايا كولنشيمية. توجد في نسيج نباتي دعامي يتكون من خلايا حية ذات جدر سميكة عند الأركان. توجد غالبا في السوق الصغيرة النامية وفي أعناق الأوراق.

كوليسترول **CHOLESTEROL**

أكثر استيرويد وجودا في جسم الانسان. وربما يستخدم كمادة بداية لتخليق الاستيرويدات الاخرى الموجودة في الجسم.

كولين استيريز **CHOLINESTERASE**

انزيم يعمل على تميؤ الأسيتايل كولين وبذلك يفقده فاعليته.

كوّة **NICHE**

(من اللاتينية **nidus** بمعنى عش). الموقع الذي يشغله نوع معين من مجتمع أحيائي من حيث علاقته بالأنواع الأخرى.

كيازما **CHIASMA**

اتصال كروماتيدتين غير أختين في مزدوج كروموسومي ويرى لأول مرة في المرحلة الانفراجية من الطور التمهيدي الأول للانقسام الاختزالي. كل كيازما تؤدي الى تبادل المادة الوراثية بين الكروماتيدات غير الأختية، أي الى العبور. جمع كيازما هو كيازماتا.

كيس زقي **ASCUS**

حافظة جرثومية أنبوبية في الفطريات الزقّية تحوى عادة ثمانية جراثيم زقية.

كينين **KININ**

واحد من مجموعة من عديدات الببتيد تنتج في الدم أو في الأنسجة وتعمل على توسيع الأوعية الدموية وتحدث الألم المصاحب للالتهاب.

كيوتين **CUTIN**

مادة شمعية

لافقاري **INVERTEBRATES**

حيوانٍ ليس له عمود فقري.

لاكتوز **LACTOSE**

سكر ثنائي (سكر اللبن) يتميأ ليعطي جزىء جلوكوز وجزىء جالاكتوز.

لاهوائي **ANAEROBIC**

لايحتاج لوجود أكسجين حر.

لجنين **LIGNIN**

مادة معقدة توجد في جدر الخلايا الاسكلرنشيمية والخشب فتعمل على تقويتهما.

لحاء **PHLOEM**

نسيج وعائي معقد في النباتات ينقل الغذاء الى كل أجزاء النبات.

لقاح **VACCINE**

تحضير من كائن مسبب للمرض ميت أو ضعيف عند حقنه في الجسم ينبه انتاج الأجسام المضادة دون أن يسبب ظهور أعراض المرض.

ليبيز **LIPASE**

انزيم يهضم الدهون

ليسوجينية **LYSOGENY**

الاندماج المستقر لبروفاج في المجموعة الجينية لبكتيريا.

ليمف **LYMPH**

سائل موجود في أوعية الجهاز الليمفاوي. ينتج الليمف من السائل البين خلوي ويحتوي على الكثير من الخلايا الليمفاوية.

مادة أيضية METABOLITE

مادة تستخدم في أو تنتج من أيض الكائن الحي.

مادة بين خلوية MATRIX

المادة البين خلوية التي تحيط بخلايا الحيوان وخاصة خلايا النسيج الضام.

مادة متفاعلة REACTANT

مادة تدخل في تفاعل كيميائي.

مبرقش وراثي GENETIC MOSAIC

فرد مكون من خلايا بها أكثر من طراز جيني واحد.

متباين اللاقحة HETEROZYGOUS

به جينان متضادان مختلفان مثل (a, A) عند الموقعين الجينين المتقابلين على كروموسومين متشابهين.

متر مم SAPROPHYTE

نبات (أو فطر) شاذ التغذية يؤمن غذاءه بالهضم خارج الخلايا للمواد العضوية غير الحية.

متشابهة في الأداء ANALOGOUS

لوصف الأعضاء في الأنواع المختلفة. فهي لها نفس الوظيفة. ولكن لها تركيب ونشوء جنيني مختلف.

متعادل التوتر ISOTONIC

١) لفظ يصف انقباض العضلة التي يسمح لها بتناقص طولها كلما بذلت جهد ثابت،
٢) له نفس تركيز الماء مثل المحلول الذي يقارن به.

متكافل داخلي ENDOSYMBIONT

كائن حي يعيش بداخل جسم شريكه الذي يتبادل معه المنفعة.

متماثل اللاقحة HOMOZYGOUS

به جينات متضادة متماثلة (مثل AA أو aa)، عند المواقع الجينية المتقابلة على الكروموسومات المتماثلة.

متماثلة HOMOLOGOUS

(تقال للأعضاء في الأنواع المختلفة). تظهر تشابه أساسي في التركيب والنشوء الجيني والقربي.

مجتمع **COMMUNITY**

تعداد من النباتات والحيوانات والميكروبات الموجودة في منطقة معينة وغالبا تنمو متفاعلة مع بعضها البعض.

المجمع **CLOACA**

الجزء الأخير من القناة الهضمية والتي تقذف فيه القنوات البولية والتناسلية محتوياتها في الطيور والزواحف والبرمائيات والكثير من الأسماك.

مجموعة جينية **GENOME**

مجموعة كاملة من الجينات (أحادية العدد الكروموسومي)..

مجموعة فعالـــة **PROSTHETIC GROUP**

الجزء غير البروتيني من بروتين مقترن. أيونات المعادن والكثير من الجزيئات العضوية (مثل الفيتامينات والسكريات والدهون) تستطيع أن تعمل كمجموعات فعالة. عادة ترتبط المجموعات الفعالة مع بروتينها تساهميا.

محب للماء **HYDROPHILC**

لفظ يستخدم لوصف جزيئات أو مجموعات الجزيئات التي تنجذب الى الماء والمذيبات القطبية الأخرى.

المحدّد الانتيجيني **ANTIGENIC DETERMINANT**

أي جزء من انتيجن يتحد مع الموقع النشط للجسم المضاد.

المحرر **RELEASER**

منبه يبدأ السلوك الغريزي.

محلـول **SOLUTION**

مزيج يتكون من جزيئات أو أيونات يقل قطرها عن نانومتر واحد وتكون معلقة في وسط سائل (هو الماء في معظم الأجهزة الحيوية).

مخبري **IN VITRO**

(من اللاتينية: في الزجاج). تمت تجربته في أنبوبة الاختبار.

مخدّر **ANESTHETIC**

مادة تسبب فقد الاحساس.

مخروط **STROBILUS**

تجمع لأوراق متحورة تحمل حوافظ جرثومية، يسمى أيضـا cone.

مداد STOLON

ساق يتمدد أفقيا وينتج نباتات جديدة عند عقده.

مدمج خلوي COENOCYTE

كتلة من السيتوبلازم تحتوي على العديد من الأنوية تنشأ من الانقسام المتكرر لنواة خلية واحدة دون أن ينقسم السيتوبلازم الموجود بها.

مدمج خلوي SYNCYTIUM

كتلة من السيتوبلازم تحتوي على عديد من الأنوية وتتكون نتيجة لاندماج خلايا.

مذيب SOLVENT

الوسط الذي يذيب المواد في المحلول.

مرافق الكابت COREPRESSOR

جزيء صغير يتحد مع جزيء كابت لتعطيل عمل الجين.

مرافق انزيمي COENZYME

مركب عضوي عندما يتحد مؤقتا مع انزيم يجعله نشطا.

مرض ذاتي المناعة AUTO - IMMUNE DISEASE

مرض يتميز بتكوين استجابة مناعية ضد مكونات أنسجة الفرد ذاته.

مركّب COMPOUND

مادة يمكن تحللها الى مواد أبسط. توجد العناصر في المركب بنسب وزنية محددة.

مزدوج المحبة للماء AMPHIPHILIC

صفة لوصف الجزيئات التي تحتوي على كلا المجاميع القطبية(المحبة للماء)وغير القطبية (الكارهة للماء). استيارات الصوديوم (الصابون) هي جزيء مزدوج المحبة للماء.

مزيج (مخلوط) MIXTURE

مادة تحتوي على مادتين أو أكثر تحتفظ كل منها بخواصها المميزة. تركيب المخلوط متغير. المحلول هو مزيج.

مسبب المرض PATHOGEN

كائن أو فيروس يسبب المرض.

مسبب الهلوسة HALLUCINOGEN

مادة تسبب الهلوسة

مستحلب EMULSION

مزيج مكون من قطرات محلول معلقة في محلول آخر.

مستوي غذائي **TROPHIC LEVEL**

موقع في السلسلة الغذائية مثل المستهلك الابتدائي، المستهلك الثانوي، الخ.

مسرطن **ONCOGENIC**

مسبب السرطان.

مشاركة غذائيـــة **COMMENSALISM**

علاقة حية وثيقة بين نوعين. أحدهما ينتفع من الآخر دون أن يؤذيه أو يفيده.

مشيج (جاميطة) **GAMETE**

خلية تناسلية وحيدة العدد الكروموسومي تؤدي الى نشوء فرد
جديد بعد اتحادها مع مشيج آخر.

مصـــل **SERUM**

السائل الشفاف الذي يمكن ضغطه للخارج من جلطة دموية، أي بلازما الدم بعد استبعاد الفبرينوجين وعوامل التجلط الأخرى منها.

مضاد للسم **ANTITOXIN**

مزيج من الأجسام المضادة تكونت استجابة لمادة سامة.

مضاد للشفـرة **ANTICODON**

مجموعـة من ثلاث قواعـد متجاورة على الجزيء الناقل **RNA** الذي يتزاوج مع شفرة مكملة على جزيء الرسول **RNA**.

معلّق **SUSPENSION**

مزيج يحتوي على دقائق صلبة اكبر من مائة ميكرون وموزعة في كل أنحاء سائل. في النهاية تستقر هذه الدقائق في القاع تحت تأثير الجاذبية.

مفصلي الأرجل **ARTHROPOD**

عضـو في احـدى قبـائـل الحيوانات اللافقارية التي تتميز بأرجلها المفصلية وهيكلها الخارجي. تضم الحشرات والعنكبوتيات والقشريات.

مكيف عصبي **NEUROHUMOR**

مادة يتم افرازها عند نهايات خلية عصبية وتنبه أو تثبط الخلية العصبية التالية أو ليفة عضلية. الاسيتايل كولين والنور أدرينالين هما مكيفان عصبيان هامان.

مناعـــة **IMMUNITY**

حالة استجابة شديدة لشكل جزيئي معين (مثلا، الموجود على سطح بكتيريا غازية) تنتج عن تعرض سابق لهذا الشكل. ربما كانت موجودة فقط في الفقاريات.

مناعة بواسطة الخلايا **CELL - MEDIATED IMMUNITY**

استجابة مناعية (مثل رفض الطُعم) تعتمد على وجود خلايا ليمفاوية حسية معينة (أي قادرة على التعرف على أنتيجن معين).

منبـه **STIMULUS**

تغير في بيئة كائن يتسبب في بدء استجابة.

منتـج **PRODUCER**

كائن يستطيع تخليق جزيئات عضوية من جزيئات غير عضوية، أي ذاتي التغذية. المنتجون يبدأون السلاسل الغذائية.

المنسوخ الابتدائي **PRIMARY TRANSCRIPT**

الجزيء الأصلي من الحامض **RNA** الذي تم تخليقه بواسطة نسخ الجين في حقيقيات النواة. جزيء الحامض **mRNA** يتم تجهيزه منه.

منشيء **PRECURSOR**

مادة تتكون منها مادة أخرى.

منشط **INDUCER**

جزيء ينشط الجينات ربما عن طريق اعتراض عمل الجزيء الكابت.

مهدىء **TRANQUILIZER**

عقار يستخدم لتقليل القلق أو المنغصات العاطفية الأخرى. المهدئات الرئيسية (مثل الكلوروبرومازين) تستخدم لتهدئة مرضى الأمراض العقلية، المهدئات الصغرى مثل (ميروباميت) تستخدم على نطاق واسع لتقليل القلق والتوتر.

المؤثـر **EFFECTOR**

تركيب جسماني يعمل به الكائن. في الانسان تكون المؤثرات الرئيسية هي العضلات والغدد.

موطن **HABITAT**

نوع المكان الذي يعيش فيه الكائن عادة.

موقع جيني **GENE LOCUS**

مكان لجين معين (أو أحد الجينات المضادة له) على الكروموسوم.

مول **MOLE**

كمية من مادة وزنها بالجرام يساوي عدديا الوزن الجزيئي للمادة. مثال ١٨ جرام من الماء تساوي ١ مول.

ميتاستازيس **METASTASIS**

نمو ثانوي للخلايا الخبيثة بعيدا عن موقع الورم الأولي.

ميدوسا **MEDUSA**

شكل من أشكال الأسماك الهلامية موجود في دورة حياة بعض الكنيداريات.

ميزوجليا **MESOGLEA**

طبقة هلامية توجد بين طبقتي الخلايا في الاسفنجيات والكنيداريات.

ميزودرم **MESODERM**

طبقة من الخلايا في جنين الحيوان توجد بين الجلد الخارجي والجلد الداخلي.

ناقص التوتر **HYPOTONIC**

يحتوي على تركيز من الماء أعلى من تركيز الماء في السائل رهن المقارنة.

ناقل للمرض **VECTOR**

حيوان مثل حشرة ينقل الطفيليات.

نبات مخروطي **CONIFER**

من عاريات البذور ويحمل مخاريط. يشمل الصنوبريات والتنوب وغيرهما.

نبات معلق **EPIPHYTE**

نبات ينمو بالكامل على نبات آخر كمكان ودعامة فقط.

نبات وعائي **TRACHEOPHYTE**

نبات به جهاز وعائي من خشب ولحاء. يشمل جميع النباتات ما عدا الحزازيات وأقاربها.

نتح **TRANSPIRATION**

تبخر الماء من النباتات.

النخاع **MEDULLA**

الجزء الداخلي للعضو.

نزع أمين **DEAMINATION**

نزع مجموعة أمين(NH_2)من مركب .

نزع الكربوكسيل **DECARBOXYLATION**

نزع ثاني أكسيد الكربون من مجموعة الكربوكسيل في حامض عضوي .

نزع النتروجين **DENTIRIFICATION**

اختزال النترات الى نتروجين(N_2)

النسخ **TRANSCRIPTION**

تخليق تتابع من الريبونيوكليوتيدات المكمل لتتابع دى أوكسي ريبونيوكليوتيدات في جزيء الحامض **DNA**.

نسيج **TISSUE**

تجمع لخلايا ترتبط مع بعضها بجدر خلوية (في النباتات) أو بوسط بين خلوي (في الحيوانات) وتؤدي وظيفة معينة .

نسيج انشائي **MERISTEM**

نسيج نباتي جنيني ينتج خلايا جديدة عن طريق تكرار الانقسام غير المباشر.

النشوء **ONTOGENY**

عملية نشوء كائن مفرد

النشوء الشكلي **MORPHOGENESIS**

نشوء شكل الجسم .

نظام بيئي **ECOSYSTEM**

جماعة من الكائنات الحية تتفاعل مع بعضها ومع الكائنات غير الحية المحيطة بها .

نظير **ISOTOPE**

ذرة تختلف في الوزن عن بقية ذرات نفس العنصر بسبب اختلاف عدد النيوترونات في نواتها .

نظير شكلي **ENANTIOMORPH**

أحد نظرين ضوئيين كلاهما صورة في المرآة للآخر. يسمى أيضا قطعة مناظرة .

نفرون **NEPHRON**

وحدة وظيفية في كلية الحيوانات الفقارية .

نقل **TRANSLOCATION**

١) نقل مواد من أحد أجزاء نبات الى جزء آخر.
٢) نقل قطعة من كروموسوم الى كروموسوم آخر غير متشابـه.

النقـل النشـط **ACTIVE TRANSPORT**

نقـل مادة خلال غشـاء خلية من منطقة ذات تركيز منخفض الى منطقة ذات تركيز مرتفع. يحتاج الى طاقـة.

نكتـون **NEKTON**

حيوانات تسبح بنشاط في الماء.

نمـــو **GROWTH**

زيادة في حجـم الكائن ناتجـة عن زيادة في عدد خلاياه أو في حجمها أو في كمية المادة البين خلوية أو في كل هؤلاء.

نهايـة أمينيـة **AMINO TERMINAL**

نهاية سلسلة عديدة الببتيدات لها مجموعة أمينية حرة($-NH_2$) متصلة بالعمود الفقري للسلسلة. يبدأ تخليق السلاسل عديدة الببتيدات من النهاية الأمينية الى النهاية الكربوكسيلية.

النهاية الكربوكسيلية **CARBOXYL TERMINAL**

نهاية سلسلة عديدة الببتيد بمجموعة حرة من الكربوكسيل ـ (-COOH) متصلة بالعمود الفقري للسلسلة. تخليق عديد الببتيد يتقدم من النهاية الأمينية الى النهاية الكربوكسيلية.

نواة أوليـة **PRONUCLEUS**

نواة الحيوان المنوي ونواة البيضة في البيضة المخصبة قبل اندماجهما لتكوين الزيجوت ثنائي العدد الكروموسومي.

نـوع (أنواع) **SPECIES**

(من اللاتينية: بمعنى نوع) فئـة تصنيفية تتكون من مجموعة من العشائر التي تتزاوج أو يمكن أن تتزاوج فيما بينها وان كانت لا تتزاوج عادة مع مجموعات أخرى حتى عندما تتاح لها الفرصة (المفرد والجمع يكتبان بنفس الحروف).

نيوترون **NEUTRON**

جسيم متعادل كهربائيا ويوجد في أنوية جميع الذرات ماعدا الهيدروجين ـ١.

نيوكليوتيدة **NEUCLEOTIDE**

جزيء مكون من: ١) بيورين أو بيرميدين، ٢) سكر خماسي الكربون، ٣) مجموعة أو مجموعتين أو ثلاث مجموعات فوسفاتية ـ وكلهم مرتبطون ببعضهم البعض.

نيوكليوسيدة **NEUCLEOSIDE**

جزيء مكون من بيورين أو بيرميدين مرتبط بسكر خماسي الكربون.

هجيـن **HYBRID**

كائن نتج من أبوين غير متشابهين وراثيا وهو متباين اللاقحة لزوج أو (غالبا) أكثر من الجينات.

هجين مزدوج **DIHYBRID**

متباين اللاقحة عند موقعين جينيين مختلفين.

الهدم **CATABOLISM**

فيـه تتكسر الجزيئات المعقدة الى جزيئات أبسط ويصحب ذلك انطلاق طاقـة.

هرمون **HORMONE**

مادة عضوية تنتجها الخلايا في أحد أجزاء الجسم وبعد نقلها بواسطة سوائل الجسم تمارس تأثيرها على أنشطة الخلايا في اماكن أخرى من الجسم.

هستـون **HISTONE**

بروتين قاعـدي مرتبـط مع الحامض النـووي **DNA** في أنوية حقيقيات النواة.

هضم **DIGESTION**

تكسير جزيئات الطعام الكبيـرة بواسطة التمبوء.

هوائي **AEROBIC**

يحتاج لوجود أكسجين حر(O_2).

هوميوستازيس **HOMEOSTASIS**

المحافظة على استقرار الوسط الداخلي السائل المحيط بالخلايا.

هيبارين **HEPARIN**

مادة عديدة التسكر تمنع التجلط.

هيدروكربون **HYDROCARBON**

مركب يحتوي على كربون وهيدروجين فقط. يميز البترول والفحم.

هيرتز HERTZ

الدوائر في الثانية .

هيموجلوبين HEMOGLOBIN

بروتين أحمر يحتوي على الحديد وينقل الأوكسجين وثاني أوكسيد الكربون في دماء الفقاريات وبعض اللافقاريات .

وحدة التشغيل OPERON

مجموعة من الجينات التركيبية المتجاورة وجين التشغيل الذي يتحكم فيها .

وحدة جزيئية MONOMER

وحدة جزيئية بسيطة يمكنها الارتباط مع وحدات أخرى لتكوين بلمرة. جزيء الجلوكوز هو الوحدة الجزيئية للنشا .

وحدة المحرك MOTOR UNIT

جميع ألياف العضلات الهيكلية التي يتم تنبيهها بخلية عصبية محركة واحدة .

وحدة الوزن الذري ATOMIC WEIGHT UNIT

جزء من اثناء عشر جزء $\frac{١}{١٢}$ من ذرة الكربون ١٢ ، تسمى كذلك دالتون .

وراثة الانسان EUGENICS

استخدام الوراثة في محاولة تحسين الصفات الوراثية للانسان .

وزن جزيئي MOLECULAR WEIGHT

مجموع الأوزان الذرية للذرات في جزيء .

الوسط الحيوي BIOSPHERE

الجزء من كوكبنا الذي توجد به الحياة والذي به يتم تبادل المواد . يشتمل على جزء صغير من الوسط الأرضي (الأرض الصلبة) وأجزاء كبيرة من الوسط المائي (الماء) والغلاف الجوى .

وعائي VASCULAR

به أجهزة لنقل السوائل

ولود VIVIPAROUS

له أجنة تنمو الى الشكل البالغ بداخل جسم الأم حيث تضمن الأم غذاء تلك الأجنة من أنسجتها وليس من مح البيضة .

يـرقـة **LARVA**

طور غير بالغ لكثير من الحيوانات التي لابد لها من المرور بمراحل التطور حتى تصل الى الطور البالغ .

يومي **CIRCADIAN**

يحدث مرة واحدة في اليوم تقريبا .

==================================

قائمة المصطلحات

GLOSSARY

مرتبة حسب الأبجدية الانجليزية

طيف الامتصاص **ABSORPTION SPECTRUM**

الطيف الكهرومغناطيسي التي تعتبر شدته عند كل طول موجه مقياسا لكمية الطاقة عند طول الموجة التي مرت خلال مادة تم اختيار درجة امتصاصها.

اسيتايل كولين **ACETYLCHOLINE**

مركب عضوي يفرز عند نهايات الكثير من الخلايا العصبية. مزاج عصبي.

حامض **ACID**

جزيء أو أيون يطلق بروتونات، عادة في الماء.

أكتينومايسين د **ACTINOMYCIN D**

مضاد حيوي معزول من بكتيريا التربة وهو يعترض عملية تخليق الحامض RNA المعتمد على الحامض DNA.

طيف الفعل **ACTION SPECTRUM**

معدل نشاط فسيولوجي مرسوم بيانيا في مقابل طول موجة الضوء.

النقل النشط **ACTIVE TRANSPORT**

نقل مادة خلال غشاء خلية من منطقة ذات تركيز منخفض الى منطقة ذات تركيز مرتفع. يحتاج الى طاقة.

تكيف (تأقلم) **ADAPTATION**

أي ميزة لكائن تساهم في بقائه حيا في بيئته.

اشعاع تكييفي **ADAPTATIVE RADIATION**

تطور، من نوع واحد من الأسلاف، لعدة أنواع مختلفة متكيفة مع طرق معيشية مختلفة.

ثالث فوسفات الأدينوزين **ADINOSINE TRIPHOSPHATE (ATP)**

مركب عضوي وهو المنبع المباشر للطاقة اللازمة لأنشطة الخلايا.

التصاق **ADHESION**

قوة الجذب بين جزيئات غير متشابهة.

جذر عرضي **ADVENTITIOUS ROOT**

جذر ينشأ من ساق أو ورقة.

هوائي **AEROBIC**

يحتاج لوجود أكسجين حر (O_2).

طحلب **ALGA**

كائن يستطيع أن يقوم بعملية البناء الضوئي، يشبه النبات، وعادة يوجد ناميا في الأماكن المائية أو الرطبة.

ألانتويس **ALLANTOIS**

غشاء جنيني في الزواحف والطيور والثدييات وهو يكون جيبا ينمو للخارج من الجزء الخلفي للقناة الهضمية.

جين مضاد **ALLELE**

شكل بديل لجين قد يوجد عند موقع جيني معين.

حساسية **ALLERGY**

استجابة مناعية زائدة، أي زيادة حساسية لمادة دخيلة على الجسم (أنتيجين).

فراغي مغاير **ALLOSTERIC**

تطلق على تغير في خواص(ربما أيضا في شكل) بروتين يتبع ارتباط جزىء صغير بموقع على البروتين بدلا من موقعة النشط

نهاية أمينية **AMINO TERMINAL**

نهاية سلسلة عديدة الببتيدات لها مجموعة أمينية حرة ($-NH_2$) متصلة بالعمود الفقري للسلسلة. يبدأ تخليق السلاسل عديدة الببتيدات من النهاية الأمينية الى النهاية الكربوكسيلية.

اخراج السائل الأمنيوتي **AMNIOCENTESIS**

اخراج السائل الأمنيوتي من امرأة حامل حتى يمكن دراسة تركيبه، أو زراعة الخلايا الموجودة به.

الأمنيـون **AMNION**

غشاء جنيني اضافي في الزواحف، الطيور، الثدييات يحيط بالجنين في محفظة مملوءة بسائل.

الأميبا **AMOEBA**

حيوان أولي وحيد الخلية يتحرك بواسطة أقدام كاذبة.

أمفيتامين **AMPHETAMINE**

عقار يشبه في تركيبه الجزيئي التركيب الجزيئي للأدرينالين والنور أدرينالين ويشاركهما في الخواص التنبيهية.

مزدوج المحبة للماء **AMPHIPILIC**

صفة لوصف الجزيئات التي تحتوي على كلا المجاميع القطبية (المحبة للماء) وغير القطبية (الكارهة للماء). استيارات الصوديوم (الصابون) هي جزيء مزدوج المحبة للماء.

أميليز **AMYLASE**

انزيم يهضم النشا أي يحلله تحليلا مائيا.

البناء **ANABOLISM**

عملية البناء الغذائي والتي يتم فيها تخليق المواد المعقدة من مواد أبسط.

لاهوائي **ANAEROBIC**

لايحتاج لوجود أكسيجين حر.

متشابهة في الأداء **ANALOGOUS**

لوصف الأعضاء في الأنواع المختلفة. فهي لها نفس الوظيفة ولكن لها تركيب ونشوء جنيني مختلف.

أندروجن **ANDROGEN**

واحد من مجموعة من الهرمونات الجنسية لذكور الحيوانات الفقارية والتي تشجع نشوء الصفاء الجنسية الثانوية.

أنيميا (أو فقـر دم) **ANEMIA**

نقص خلايا الدم الحمراء أو الهيموجلوبين في الدم.

مخدّر **ANESTHETIC**

مادة تسبب فقد الاحساس.

جسم مضاد **ANTIBODY**

بروتين ينتجه الحيوان الفقاري يمكنه الاتحاد مع مادة دخيلة (أنتيجن) معينة.

مضاد للشفرة **ANTICODON**

مجموعة من ثلاث قواعد متجاورة على الجزيء الناقل **RNA** الذي يتزاوج مع شفرة مكملة على جزيء الرسول **RNA**.

أنتيجن **ANTIGEN**

مادة غريبة تتسبب في تكوين الأجسام المضادة. جزيء كبير عادة بروتين أو مادة عديدة التسكر) عندما يدخل في جسم حيوان يكون غريبا عنه ويحثه على تكوين الأجسام المضادة.

المحدّد الأنتيجيني **ANTIGENIC DETERMINANT**

أي جزء من الأنتيجين يتحد مع الموقع النشط للجسم المضاد.

مضاد للسم **ANTITOXIN**

مزيج من الأجسام المضادة تكونت استجابة لمادة سامة.

أبوميكسيس **APOMIXIS**

التكاثر بالبذور التي تكونت لا جنسيا وليس جنسيا.

أكويفر **AQUIFER**

طبقة في الأرض تكون مشبعة بالماء.

الفراغ الوسطي للانبعاج الجنيني **ARCHENTERON**

التجويف المركزي للانبعاج (جاسترولا) في الجنين، والذي سيصبح فيها بعد القناة الهضمية.

مفصلي الأرجل **ARTHROPOD**

عضو في احدى قبائل الحيوانات اللافقارية التي تتميز بأرجلها المفصلية وهيكلها الخارجي. تضم الحشرات والعنكبوتيات والقشريات.

كيس زقي **ASCUS**

حافظة جرثومية أنبوبية في الفطريات الزقّية تحوي عادة ثمانية جراثيم زقية.

تكاثر لا جنسي **ASEXUAL REPRODUCTION**

التكاثر بدون اتحاد الأمشاج (أو أية مادة نووية).

التزاوج المنسّق **ASSORTATIVE MATING**

التزاوج بين الأفراد المتشابهين في احدى المجاميع، وبذلك يكون التزاوج غير عشوائي.

ذرّة **ATOM**

أصغر جزء من عنصر يمكنه أن يدخل في اتحاد مع عناصر أخرى.

وحدة الوزن الذري **ATOMIC WEIGHT UNIT**

جزء من إثنا عشر جزء $\frac{١}{١٢}$ من ذرة الكربون ١٢. تسمى كذلك دالتون.

مرض ذاتي المناعة **AUTO - IMMUNE DISEASE**

مرض يتميز بتكوين استجابة مناعية ضد مكونات أنسجة الفرد ذاته.

كروموسوم جسمي **AUTOSOME**

أي كروموسوم غير كروموسومات الجنس.

ذاتي التغذية **AUTOTROPHIC**

قادر على تخليق مواد عضوية من مواد خام غير عضوية.

أوكسين **AUXIN**

هورمون نباتي، من بين تأثيراته تشجيع استطالة الخلية.

عصب طويل (أكسون) **AXON**

امتداد فردي لخلية عصبية (عادة طويل وغالبا متفرع)، يقود النبضات العصبية بعيدا عن الأفرع العصبية القصيرة الشجرية.

خليـة ب **B CELL**

خلية نشطة مناعيا (خلية ليمفاوية) لاتعتمد في نشاطها على الغدة التيموسية. الخلايا المفرزة للأجسام المضادة (الخلايا البلازمية) تنشأ من الخلايا ب.

فيروس بكتيري **BACTERIOPHAGE**

فيروس يصيب البكتيريا.

تعدد الأشكال المتوازن **BALANCED POLYMORPHISM**

المحافظة على طرازين مظهريين متميزين أو أكثر في عشيرة بواسطة الانتخاب الطبيعي. قد يحدث تعدد الاشكال المتوازن نتيجة للانتخاب المضطرب، أو (كما في حالة انيميا

الخلية المنجلية) اذا كان متباينو اللاقحة أكثر صلاحية من أي من متشابهي اللاقحة.

باربيتيورات BARBITURATE

أي من عدة مئات من مشتقات حامض الباربيتيوريك المستخدمة كمسكنات (مثل الفينوباربيتال).

قاعـــدة BASE

جزيء أو ذرة يمكنها أخذ بروتون من حامض.

بازيديوم BASIDIUM

تركيب صولجاني الشكل منتج للجراثيم في الفطريات البازيدية تتكون على سطحه الخارجي أربعة جراثيم بازيدية.

بيتا جالاكتوسيديز BETA - GALACTOSIDASE

انزيم يقوم بالتحليل المائي للسكر الثنائي لاكتوز.

التقدير الحيوي BIOASSAY

التقدير الكمي لقوة مادة نشطة بيولوجيا من خلال تأثيرها على الكائن الحي.

الطلب الكيميائي الحيوي للأكسجين BIOCHEMICAL OXYGEN DEMAND (BOD)

الأكسجين المطلوب (بالميلليجرام/لتر أو بالجزء في المليون) للبكتيريا وغيرها من الكائنات الدقيقة لأكسدة المادة العضوية الموجودة في عينة ماء مثل الماء الملوث بالمجاري. يسمى أيضا بالطلب الحيوي للأكسجين.

الكتلـة الحيويـة BIOMASS

كل كمية المادة الحية في عشيرة معينة من الكائنات.

جماعة حيوية BIOME

جماعة نباتية وحيوانية ينتجها ويحافظ عليها المناخ. فمنطقة الغابات الصنوبرية في أمريكا الشمالية (التايجا) تكون جماعة حيوية واحدة.

الوسط الحيوي BIOSPHERE

الجزء من كوكبنا الذي توجد به الحياة والذي به يتم تبادل المواد. يشتمل على جزء صغير من الوسط الأرضي (الأرض الصلبة) وأجزاء كبيرة من الوسط المائي (الماء) والغلاف الجوي.

بلاستوسيست BLASTOCYST

البلاستيولا التي تتكون بواسطة مشيمة الثدييات. والبلاستوسيست هي الطور الجنيني

الذي ينزرع في جدار الرحم.

البلاستولا **BLASTULA**

الطور المبكر من نشوء الحيوان والذي فيه تحيط طبقة واحدة عادة من الخلايا فراغا مملوءا بالسائل البلاستوكول، وبذلك تتكون كرة مجوفة.

علم النبات **BOTANY**

دراسة النباتات.

أخاديد شعبية **BRANCHIAL GROOVES**

سلسلة من الأخاديد المزدوجة الخارجية في منطقة رقبة جنين الفقاريات والتي تقابل من حيث الموقع الجيوب البارزة للبلعوم (جيوب الخياشيم).

تبرعم **BUDDING**

التكاثر اللاجنسي الذي فيه ينمو كائن جديد من نمو خارجي للأب.

سعر **CALORIE**

كمية الحرارة اللازمة لرفع حرارة جرام واحد من الماء درجة واحدة مئوية. عندما تكتب بحروف كبيرة فهي تعنى وحدة حرارية مساوية لألف ضعف من الوحدة السابقة.

سرطان **CANCER**

أي من مجموعة من الأمراض التي تتميز بتكاثر للخلايا لايمكن التحكم فيه.

كربوهيدرات **CARBOHYDRATE**

مركب عضوي من الكربون، الهيدروجين، والأوكسجين، عادة بنسبة ٢ : ١ ذرات هيدروجين الى ذرات أوكسجين.

النهاية الكربوكسيلية **CARBOXYL TERMINAL**

نهاية سلسلة عديدة الببتيد بمجموعة حرة من الكربوكسيل ـ (COOH-) متصلة بالعمود الفقري للسلسلة. تخليق عديد الببتيد يتقدم من النهاية الأمينية الى النهاية الكربوكسيلية.

مسبب السرطان (مسرطن) **CARCINOGEN**

مادة مسببة للسرطان.

كارسينوما **CARCINOMA**

سرطان الخلايا الطلائية.

الهدم **CATABOLISM**

فيه تتكسر الجزيئات المعقدة الى جزيئات أبسط ويصحب ذلك انطلاق طاقة.

حفّاز **CATALYST**

مادة تسرع معدل التفاعل الكيميائي دون أن تستهلك أثناء هذه العملية.

مناعة بواسطة الخلايا **CELL - MEDIATED IMMUNITY**

استجابة مناعية (مثل رفض الطُّعم) تعتمد على وجود خلايا ليمفاوية حسية معينة (أي قادرة على التعرف على أنتيجن معين).

الترأس **CEPHALIZATION**

ميل تطوري نحو تركيز المستقبلات الحسية والجهاز العصبي المركزي عند الطرف الأمامي للحيوان.

الرأس الصدري **CEPHALOTHORAX**

الرأس الملتحمة بالصدر والموجودة في العنكبوتيات والكثير من القشريات.

شالون **CHALONE**

مادة يفرزها النسيج لمنع الانقسام غير المباشر في هذا النسيج.

شابارال **CHAPARRAL**

الغابة الشجيرية الموجودة في جنوب كاليفورنيا.

ازاحة الصفات **CHARACTER DISPLACEMENT**

التباعد التطوري لنوعين والذي يقلل من المساحة البيئية المشتركة بينهما.

ذاتي التغذية الكيميائية **CHEMOAUTROPHIC**

كائن ذاتي التغذية يستخدم الطاقة الناتجة من أكسدة بعض المواد غير العضوية. صفة مميزة لبعض أنواع البكتيريا.

كيازما **CHIASMA**

اتصال كروماتيدتين غير أختين في مزدوج كروموسومي ويرى لأول مرة في المرحلة الانفراجية من الطور التمهيدي الأول للانقسام الاختزالي. كل كيازما تؤدي الى تبادل المادة الوراثية بين الكروماتيدات غير الأختية، أي الى العبور. جمع كيازما هو كيازماتا.

كايتين **CHITIN**

مادة عديدة التسكر تحتوي على النتروجين وهي تكون الهيكل الخارجي لمفصليات الأرجل وجدر خلايا العديد من الفطريات.

كلوروفيل (يخضور) **CHLOROPHYLL**

الصبغة الخضراء المستخدمة في البناء الضوئي .

بلاستيدة خضراء **CHLOROPLAST**

بلاستيدة تحتوي على الكلوروفيل .

كوليستيرول **CHOLESTEROL**

أكثر استيرويد وجودا في جسم الانسان. وربما يستخدم كمادة بداية لتخليق الاستيرويدات الأخرى الموجودة في الجسم .

كولين استيريز **CHOLINE ESTERASE**

انزيم يعمل على تميؤ الاسيتايل كولين وبذلك يفقده فاعليته .

قشرة **CHORION**

غشاء جنيني اضافي في الزواحف والطيور والثدييات يغلف الجنين كما يساهم في تكوين المشيمة في الثدييات .

كروماتيدة **CHROMATID**

كل من خيطي كروموسوم مزدوج (كروماتيدات أختية) طالما بقيتا ملتصقتين ببعضهما عن طريق القطعة المركزية المشتركة بينهما .

كروماتين **CHROMATIN**

الكروموسومات المنتشرة الموجودة في أنوية حقيقيات النواة أثناء الطور البيني .

الفصل اللوني **CHROMATOGRAPHY**

عملية فصل مكونات مزيج باستخدام الادمصاص التفاضلي لهم على قالب غير ذائب (مثل الورق) عندما يمر هذا المزيج خلال هذا القالب .

كروموسوم (صبغي) **CHROMOSOME**

تراكيب مستطيلة في نواة الخلية تحتوي على الحامض **DNA** وبروتين وتحمل الجينات . وعدد الكروموسومات في النواة عادة ثابت بالنسبة للنوع .

يومي **CIRCADIAN**

يحدث مرة واحدة في اليوم تقريبا .

الانشطار **CLEAVAGE**

الانقسام غير المباشر المتكرر للزيجوت الذي يكون البلاستولا عديدة الخلايا .

التباين المستمر **CLINE**

التدرج المستمر في الاختلافات التركيبية والفسيولوجية التي تبدو على أفراد النوع الواحد.

المجمع **CLOACA**

الجزء الأخير من القناة الهضمية الذي تقذف فيه القنوات البولية والتناسلية محتوياتها في الطيور والزواحف والبرمائيات والكثير من الأسماك.

جماعة أصلية **CLONE**

النسل الناتج عن طريق التكاثر اللاجنسي لخلية واحدة أو كائن واحد. تمتاز بتركيب وراثي متماثل.

كنيداريا **CNIDARIA**

قبيلة الحيوانات التي تضم الهيدرا والأسماك الهلامية وأنيمونات البحر والمرجانيات. كانت من قبل تسمى الجوفمعويات.

السيادة المتكافئة **CODOMINANCE**

التعبير المستقل لكل من الجينين المتضادين في الفرد متباين اللاقحة.

كودون **CODON**

القواعد الثلاث المتجاورة في جزىء الحامض **DNA** أو الحامض **RNA** والتي تحمل شفرة حامض أميني معين.

تجويف الجسم **COELOM**

التجويف الأساسي في جسم الكثير من الحيوانات ويكون مبطن بخلايا طلائية ناشئة من الميزودرم.

مدمج خلوي **COENOCYTE**

كتلة من السيتوبلازم تحتوي على العديد من الأنوية تنشأ من الانقسام المتكرر لنواة خلية واحدة دون أن ينقسم السيتوبلازم الموجود بها.

مرافق انزيمي **COENZYME**

مركب عضوي عندما يتحد مؤقتا مع انزيم يجعله نشطا.

تماسك **COHESION**

قوة الجذب بين الجزئيات المتشابهة.

غمد الريشة **COLEOPTILE**

غمد يوجد حول الريشة في بادرات النجيليات .

كولنشيمة **COLLENCHYMA**

خلايا كولنشيمية . توجد في نسيج نباتي دعامي يتكون من خلايا حية ذات جدر سميكة عند الأركان. توجد غالبا في السوق الصغيرة النامية وفي أعناق الأوراق .

غروى **COLLOID**

مادة يتراوح حجم دقائقها (أي جزئيات كبيرة أو تجمعات من جزيئات صغيرة) بين ١ نانومتر ومائة نانومتر.

مشاركة غذائيه **COMMENSALISM**

علاقة حية وثيقة بين نوعين. أحدها ينتفع من الآخر دون أن يؤذيه أو يفيده .

مجتمع **COMMUNITY**

تعـداد من النبـاتـات والحيوانات والميكروبات الموجودة في منطقة معينة وغالبا تكون متفاعلة مع بعضها البعض .

مركّب **COMPOUND**

مادة يمكن تحللها الى مواد أبسط . توجد العناصر في المركب بنسب وزنية محددة .

نبات مخروطي **CONIFER**

من عاريات البذور ويحمل مخاريط . يشتمل على الصنوبريات والتنوب وغيرهما .

تزاوج **CONJUGATION**

شكل من أشكال التكاثر الجنسي يتم فيه تبادل المادة الوراثية أثناء الاتحاد المؤقت بين خليتين . يحدث في الكثير من الهدبيات (مثل الباراميسيوم) وبعض البكتيريا .

إلتقاء **CONVERGENCE**

تطور الصفات المتشابهة سطحيا في الكائنات التي ليست بينها صلة قرابة ولكنها تعيش في بيئات متشابهة .

تلقيح **COPULATION**

اتحاد جسماني بين حيوانين يتم خلاله إنتقال الخلايا المنوية من أحدهما الى الآخر.

مرافق الكابت **COREPRESSOR**

جزيء صغير يتحد مع جزيء كابت لتعطيل عمل الجين

قشـــرة **CORTEX**

الجزء الخارجي للعضو

رابطة تساهميـة **COVALENT BOND**

رابطة كيميائية تتكون بواحد أو أكثر من ازواج الإليكترونات المشاركة .

كيوتين **CUTIN**

مادة شمعيـــة .

طحالب زرقاء **CYANOBACTERIA**

طحالب خضراء مزرقـــة .

سيتوكروم **CYTOCHROME**

واحـد من العـديد من الـبروتينـات المحتـوية على حديد، موجـود في الميتـوكـوندريا والبلاستيدات الخضر وهي التي تقوم بنقل الاليكترونات في عمليتي التنفس الخلوي والبناء الضوى على التوالي .

انقسام السيتوبلازم **CYTOKINESIS**

انقسام السيتوبلازم ـ على خلاف ما في النواة ـ أثناء الانقسام غير المباشر والانقسام الاختزالي .

سيتوكينين **CYTOKININ**

واحد من مجموعة من المركبات المحتوية على أدنين وتحفز عملية الانقسام غير المباشر في النباتات .

السيتوبلازم **CYTOPLASM**

اصطلاح عام لكل محتويات الخلية خارج النواة وداخل غشاء الخلية .

سيتوسول **CYTOSOL**

. السائل الذي تعلق فيه عضيات السيتوبلازم . يسمى أيضا هيالوبلازم أو المادة الأساسية .

دالتـــون **DALTON**

وحـدة وزن تعـــادل $\frac{١}{١٢}$ من وزن ذرة الكربـون ١٢ (^{12}C).

نزْعَ أمين **DEAMINATION**

نزع مجموعة أمين ($-NH_2$) من مركب .

نزع الكربوكسيل **DECARBOXYLATION**

نزع ثاني أكسيد الكربون من مجموعة الكربوكسيل في حامض عضوي.

ارتداد التشكل **DEDIFFERENTIATION**

ارتداد خلية متخصصة الى النوع الجنيني الأكثر عمومية.

تخثر البروتين **DENATURATION**

تغير الخواص الطبيعية والتركيب ثلاثي الأبعاد لبروتين بواسطة عوامل أضعف من أن تكسر الروابط الببتيدية.

شجيري **DENDRITE**

امتداد متفرع وعادة قصير من الخلية العصبية تنشأ فيه القدرة المحركة.

نزع النتروجين **DENITRIFICATION**

اختزال النترات الى نتروجين (N_2).

الحامض دي أوكسي ريبونيوكلييك **DEOXYRIBONUCLEIC ACID (DNA)**

حامض نووي موجود في الكروموسومات التي تخزن المعلومات الوارثية للكائن.

الانتشار الغشائي **DIALYSIS**

فصل الجزيئات الذائبة عن طريق خاصية معدلاتها المختلفة للانتشار خلال غشاء شبه منفذ.

السكون **DIAPAUSE**

فترة كمون، تحدث عادة في الحشرات.

ارتخاء القلب **DIASTOLE**

مرحلة ارتخاء القلب.

التشكل **DIFFERENTIATION**

تغير تركيبي ووظيفي لخلية غير متخصصة بحيث تصبح متخصصة.

انتشار **DIFFUSION**

هجرة جزيئات أو أيونات نتيجة لحركتها العشوائية من منطقة التركيز الأعلى الى منطقة التركيز الأقل.

هضم **DIGESTION**

تكسير جزيئات الطعام الكبيرة بواسطة التمييؤ.

هجين مزدوج **DIHYBRID**

متباين اللاقحة عند موقعين جينيين مختلفين.

ثنائي المسكن **DIOECIOUS**

يحمل الأعضاء الجنسية المذكرة على نبات والأعضاء الجنسية المؤنثة على نبات آخر من نفس النوع. نخيل البلح ثنائي المسكن.

ثنائي العدد الكروموسومي **DIPLOID**

به اثنان من كل نوع من الكروموسومات (عدا كروموسومات الجنس)، يرمز له بالرمز ٢ ن.

ثنائي التسكر **DISACCHARIDE**

سكر (مثل السكروز) يمكن تميوءه الى اثنين من أحاديات التسكر.

تفتت **DISSOCIATION**

فصل أيونات من جزيء أو تركيب بللوري.

بعيد **DISTAL**

يوجد بعيدا عن مكان المنشأ أو مكان الإتصال.

بوليميريز الحامض DNA **DNA POLYMERASE**

انزيم يحفز ارتباط نيوكليوتيدات دي أوكسي ريبوز مع بعضها البعض لتكوين الحامض **DNA** المكمل لقالب اما من الحامض **DNA** أو من الحامض **RNA** (في حالة النسخ العكسي).

علم البيئة **ECOLOGY**

دراسة العلاقات المتداخلة بين الكائنات وبيئتها.

نظام بيئي **ECOSYSTEM**

جماعة من الكائنات الحية تتفاعل مع بعضها ومع الكائنات غير الحية المحيطة بها.

الجلد الخارجي **ECTODERM**

الطبقة الخارجية من الخلايا في جنين الحيوان.

خارجي الحرارة **ECTOTHERM**

حيوان يحافظ على حرارة جسمه بامتصاص الحرارة من الجو المحيط به.

اديما **EDEMA**

تجمع غير طبيعي لليمف في فراغات الأنسجة.

المؤثر **EFFECTOR**

تركيب جسماني يعمل به الكائن. في الانسان تكون المؤثرات الرئيسية هي العضلات والغدد.

اخراج **EGESTION**

التخلص من المواد غير المهضومة من القناة الهضمية.

الكترون **ELECTRON**

جسيم ذو شحنة سالبة يوجد خارج نواة الذرة.

ذو سالبية كهربية **ELECTRONEGATIVE**

له تجاوب للإليكترونات.

عنصر **ELEMENT**

أي واحد من حوالي مائة مادة تتكون كل منها من نوع واحد فقط من الذرات ولا يمكن تحللها الى مواد أبسط.

جنين **EMBRYO**

حيوان أو نبات في طور مبكر من النشوء من زيجوت.

امفايسيما **EMPHYSEMA**

حالة تصيب الرئتين وتتميز بنقص السطح المتاح لتبادل الغازات.

مستحلب **EMULSION**

مزيج مكون من قطرات محلول معلقة في محلول آخر.

نظير شكلي **ENANTIOMORPH**

أحد نظيرين ضوئيين كلاهما صورة في المرآة للآخر. يسمى أيضا قطعة مناظرة.

جهد نهاية اللوحة **END PLATE POTENTIAL (EPP)**

الاستقطاب الجزئي الناشيء داخل ليفة عضلية في منطقة اتصال نشاط عصبي عضلي.

الابتلاع الخلوي **ENDOCYTOSIS**

احاطة مادة غير خلوية بواسطة خلية مصحوبة بانبعاج واقتطاع جزء من الغشاء الخلوي. المادة المحاطة عندئذ تكون مغلفة داخل فجوة.

الجلد الداخلي **ENDODERM**

آخر طبقة داخلية من الخلايا في جنين الحيوان.

إندوسبرم **ENDOSPERM**

النسيج المغذي الذي يحيط بالجنين الناشيء في النباتات البذرية ويقوم بتغذيته.

متكافل داخلي **ENDOSYMBIONT**

كائن حي يعيش بداخل جسم شريكه الذي يتبادل معه المنفعة.

داخلي الحرارة **ENDOTHERM**

حيوان يحافظ على حرارة جسمه من الحرارة المتولدة من الأيض الداخلي له.

طاقة **ENERGY**

القدرة على أداء عمل.

انزيم **ENZYME**

حافز بروتيني ينتجه كائن حي.

السويقة الجنينية العليا **EPICOTYL**

الجزء من ساق جنين النبات أو البادرة الموجود فوق العقدة التي تتصل عندها الفلقات ببعضها البعض.

نبات معلق **EPIPHYTE**

نبات ينمو بالكامل على نبات آخر كمكان ودعامة فقط.

اتزان **EQUILIBRIUM**

حالة توازن بين عملين متضادين.

استروجين **ESTROGEN**

واحد من مجموعة الهرمونات الجنسية من بين تأثيراته المختلفة العمل على تشجيع ظهور الصفات الجنسية الثانوية.

الاصفرار **ETIOLATION**

ظاهرة تحدث للنباتات التي تربي في الظلام وتتميز باللون الباهت وطول السلاميات والأوراق الصغيرة.

وراثة الانسان **EUGENICS**

استخدام الوراثة في محاولة تحسين الصفات الوراثية للانسان.

حقيقي النواة **EUKARYOTE**

كائن يتميز بأن خلاياه تحتوي على نواة محاطة بغشاء. غالبا تكتب **eucaryote**.

إثراء غذائي **EUTROPHICATION**

العملية التي فيها يصبح جسما من الماء غنيا في المواد الغذائية الذائبة.

جهد التهيج **EXCITATORY POSTSYNAPTIC POTENTIAL (EPSP)**

الاستقطاب العكسي الجزئي الناشيء في خلية عصبية بوصول قدرة فعلية عند نهاية خلية عصبية أخرى متلاقية معها.

الأخراج **EXCRETION**

تخلص الكائن الحي من النفايات الأيضية.

الطرد الخلوي **EXOCYTOSIS**

تفريغ المواد المحصورة في فجوات من الخلية عن طريق التحام غشاء الفجوة مع غشاء الخلية.

اكسون **EXON**

منطقة من جين تحمل الشفرة لعديد الببتيد. قارن مع انترون.

باسط **EXTENSOR**

عضل يعمل على بسط الطرف.

السائل المحيط بالخلية **EXTRACELLULAR FLUID (ECF)**

السائل الذي تكون الخلايا مغمورة فيه.

فونا **FAUNA**

الحياة الحيوانية في بيئة معينة.

التثبيط الرجعى **FEEDBACK INHIBITION**

تثبيط أول انزيم في المسار الأيضى بواسطة الناتج النهائي من هذا المسار.

تخمر **FERMENTATION**

تحلل لا هوائي لمركب عضوي (مثل الجلوكوز) بواسطة كائن حي.

جنين **FETUS**

حيوان ثديي لم يولد بعد وقد اكتمل معظم نموه التركيبي وتشكله (في الانسان يحدث ذلك بعد ثلاثة أشهر من النشوء).

الانشطار **FISSION**

التكاثر اللاجنسي عن طريق انقسام الجسم الى اثنين أو أكثر من الأجزاء المتساوية.

دودة مفلطحة **FLATWORM**

أي عضو من قبيلة الديدان المفلطحة. منها الديدان الكبدية والديدان الشريطية والتربلاريانات.

فلافين **FLAVIN**

صبغة صفراء عندما تتحد مع بروتين تنقل اليكترونات الى السيتوكرومات.

قابض **FLEXOR**

عضلة تعمل على ثنى الأطراف.

فلورة **FLORA**

الحياة النباتية في بيئة معينة.

تألق **FLOURESCENCE**

انبعاث ضوء من مادة بعد امتصاصها لاشعاع ذو طول موجه مختلف.

سلسلة غذائية **FOOD CHAIN**

تتابع من الكائنات فيه كل كائن يستخدم الذي يسبقه في التتابع كمصدار للغذاء وهو بدوره يؤكل بواسطة الكائن الذي يليه.

حفرية **FOSSIL**

أي بقايا لكائن أو دليل محفوظ في التربة يدل على وجودة.

فوفيا **FOVEA**

انخفاض ضحل في الشبكية لايحتوي على قضبان أو أوعية دموية ولكنه غني بالمخاريط ويمد الحيوان بأدق رؤية.

ثمرة **FRUIT**

مبيض ناضج (وأحيانا بعض الأجزاء المساعدة) لزهرة.

فطر **FUNGUS**

كائن بسيط غير متحرك لايقوم بالبناء الضوئي وحقيقي النواة. يعيش مترمما أو متطفلا. من أمثلته العفن والخمائر وعيش الغراب وغيرها.

مشيج (جاميطة) **GAMETE**

خلية تناسلية وحيدة العدد الكروموسومي تؤدى الى نشوء فرد جديد بعد اتحادها مع نشيج آخر.

طور مشيجي (أو جاميطي) **GAMETOPHYTE**

مرحلة في دورة حياة النبات تكون أحادية العدد الكروموسومي ومنتجة للأمشاج.

عقدة عصبية **GANGLION**

كتلة صغيرة من النسيج العصبي تحتوي على أجسام الخلايا العصبية.

جاسترولا **GASTRULA**

أحد أطوار النشوء في الحيوانات يتكون خلاله الجلد الداخلي والمتوسط والتجويف المعوى.

موقع جيني **GENE LOCUS**

مكان لجين معين (أو أحد الجينات المضادة له) على الكروموسوم.

بحيرة الجينات **GENE POOL**

كل الجينات في عشيرة معينة لأحد الأنواع.

القدرة المولدة **GENERATOR POTENTIAL**

تيار ضئيل ينشأ عبر غشاء خلية مستقبلة تم تنبيهها. تزداد قوته تبعا لقوة المنبه وعند مستوي معين (مستوي الحافة) يتسبب في بدء نبض عصبي أو أكثر في خلية عصبية مجاورة.

مبرقش وراثي **GENETIC MOSAIC**

فرد مكون من خلايا بها أكثر من طراز جيني واحد.

مجموعة جينية **GENOME**

مجموعة كاملة من الجينات (أحادية العدد الكروموسومي).

طراز جيني **GENOTYPE**

التكوين الوراثي للفرد.

جنس **GENUS**

فئة تصنيفية تضم (غالبا) عدة أنواع متقاربة جدا. الأجناس المتشابهة تنضم مع بعضها في فصيلة.

انبات **GERMINATION**

مواصلة الجنين للنمو في داخل البذرة، أو مواصلة جرثومة للنمو.

فتحات خيشومية **GILL SLITS**

فتحات مزدوجة من البلعوم الى الخارج توجد في العديد من الحبليات المائية عندما تتفتح

الجيوب الخيشومية عند الأخاديد الشعبية.

الجلكزة **GLYCOLYSIS**

الهدم اللاهوائي للجلوكوز.

جلايكوبروتين **GLYCOPROTEIN**

بروتين تتصل به تساهميا سكريات و/أو مواد عديدة التسكر.

برعم تناسلي **GONAD**

عضو منتج للأمشاج.

نمـــو **GROWTH**

زيادة في حجم الكائن ناتجة عن زيادة في عدد خلاياه أو في حجمها أو في كمية المادة البين خلوية أو في كل هؤلاء.

عاريات البذور **GYMNOSPERMS**

النباتـات الـوعـائية المنتجـة للبـذور والتي لاتـوجـد بذورها داخل مبيض. تشمل الصنوبريات والسيكادات وأشجار المعبد.

موطن **HABITAT**

نوع المكان الذي يعيش فيه الكائن عادة.

اعتياد **HABITUATION**

عملية التعود على أي شيء.

مسبب الهلوسة **HALLOCENOGEN**

مادة تسبب الهلوسة.

أحادي العدد الكروموسومي **HAPLOID**

بـه مجموعـة واحـدة من الكـروموسومـات. كما في حالـــة الأمشاج. يسمى أيضا **monoploid**.

هيموجلوبين **HEMOGLOBIN**

بروتـين أحمـر يحتـوي على الحديد وينقل الأوكسجين وثاني أوكسيد الكربون في دماء الفقاريات وبعض اللافقاريات.

هيبارين **HEPARIN**

مادة عديدة التسكر تمنع التجلط.

عشبي **HERBACEOUS**

غير خشبي.

آكل الأعشاب **HERBIVORE**

حيوان يتغذي على النباتات.

هيرتز **HERTZ**

الدوائر في الثانية.

تباين الأمشاج **HETEROGAMY**

الحالة التي يكون فيها المشيجان غير متشابهين في التركيب، مثل الحيوان المنوي والبويضة.

شاذ التغذية **HETEROTROPHIC**

يتطلب عدد من المواد العضوية (طعام) من البيئة.

متباين اللاقحة **HETEROZYGOUS**

به جينان متضادان مختلفان مثل (A a) عند الموقعين الجينيين المتقابلين على كروموسومين متشابهين.

سكر سداسي **HEXOSE**

سكر يحتوي على ست، ذرات كربون. الجلوكوز سكر سداسي.

هستون **HISTONE**

بروتين قاعدي مرتبط مع الحامض النووي DNA في أنوية حقيقيات النواة.

هوميوستازيس **HOMEOSTASIS**

المحافظة على استقرار الوسط الداخلي (السائل المحيط بالخلايا).

ذوات الدم الحار **HOMEOTHERMIC**

لها حرارة جسمية ثابتة وأعلى من درجة الحرارة المعتادة للجو المحيط بها، لذلك تسمى ذوات الدم الحار.

شبيه الانسان **HOMINID**

مخلوق يشبه الانسان - على خلاف مخلوق يشبه القرد.

متماثلة **HOMOLOGOUS**

تقال للأعضاء في الأنواع المختلفة. تظهر تشابه أساسي في التركيب والنشوء الجنيني القريبي.

متماثل اللاقحة **HOMOZYGOUS**

به جينات متضادة متماثلة مثل (aa أو AA) ، عند المواقع الجينية المتقابلة على كروموسومات متماثلة .

هرمون **HORMONE**

مادة عضوية تنتجها الخلايا في أحد أجزاء الجسم وبعد نقلها بواسطة سوائل الجسم تمارس تأثيرها على أنشطة الخلايا في أماكن أخرى من الجسم .

دوبال **HUMUS**

مادة عضوية في التربة .

هجين **HYBRID**

كائن نتج من أبوين غير متشابهين وراثيا وهو متباين اللاقحة لزوج أو (غالبا) أكثر من الجينات .

هيدروكربون **HYDROCARBON**

مركب يحتوي على كربون وهيدروجين فقط . يميز البترول والفحم .

التميوء (التحليل المائي) **HYDROLYSIS**

تحليل مادة بادخال جزيئات الماء بين بعضَ روابطها . الهضم خارج الخلايا يحدث بالتميوء .

محب للماء **HYDROPHILIC**

لفظ يستخدم لوصف جزيئات أو مجموعات الجزيئات التي تنجذب الى الماء والمذيبات القطبية الأخرى .

كارة للماء **HYDROPHOBIC**

لفظ يستخدم لوصف الجزيئات أو مجموعات الجزيئات التي تمتزج بقلة مع الماء . الهيدروكربونات والدهون مواد كارهة للماء .

زائد التوتر **HYPERTONIC**

تركيز الماء به أقل من تركيز الماء في المحلول الذي يقارن معه .

السويقة الجنينية السفلي **HYPOCOTYL**

الجزء من الساق الجنينية للنبات أو من البادرة الواقع أسفل العقدة التي تتصل عندها الفلقات .

ناقص التوتر **HYPOTONIC**

يحتوي على تركيز من الماء أعلى من تركيز الماء في السائل رهن المقارنة.

آي جي أ **I g A**

مجموعة من جزيئات الأجسام المضادة توجد بوفرة في الدموع والكولوستروم وغيرها من الافرازات.

آي جي إي **I g E**

مجموعة من جزيئات الأجسام المضادة تتحد مع المواد المحبة للقواعد مع الخلايا السادية وهي مسئولة عن كثير من تفاعلات الحساسية.

آي جي سي **I g C**

مجموعة من جزيئات الأجسام المضادة موجودة بكثرة في الدم.

مناعـــة **IMMUNITY**

حالة استجابة شديدة لشكل جزيئي معين (مثلا الموجود على سطح بكتيريا غازية) تنتج عن تعرض سابق لهذا الشكل. ربما كانت موجودة فقط في الفقاريات.

جلوبيولين مناعي **IMMUNOGLOBULIN**

جزىء بروتيني يعمل كجسم مضاد.

التحمل المناعى **IMMUNOLOGICAL TOLERANCE**

العجز عن انتاج أجسام مضادة و/أو استجابة مناعية لأنتيجن معين عن طريق وساطة خلوية.

تثبيط مناعي **IMMUNOSUPPRESSION**

استخدام عقار أو عامل آخر مثل الأشعة السينية لمنع الاستجابة المناعية.

مخبري **IN VITRO**

(من اللاتينية: في الزجاج). تمت تجربته في أنبوبة الاختبار.

حيـــوي **IN VIVO**

(من اللاتينية: في الحياة). تعبير يشير الى تجارب أجريت على كائن حي.

منشط **INDUCER**

جزىء ينشط الجينات ربما عن طريق اعتراض عمل الجزىء الكابت.

تنشيط **INDUCTION**

عملية تحدث في الجنين فيها يقوم نسيج بتوجيه تشكل نسيج آخر.

التهاب **INFLAMMATION**

استجابة نسيج للضرر وتتميز بزيادة سريان الدم وارتفاع درجة الحرارة والاحمرار وتراكم خلايا الدم البيضاء والألم.

ابتلاع **INGESTION**

ادخال الطعام أو الماء الى الجسم.

جهد التثبيط **INHIBITORY POSTSYNAPTIC POTENTIAL (IPSP)**

الاستقطاب الزائد الذي ينشأ في خلية عصبية نتيجة لوصول قدرة فعلية عند أطراف خلية عصبية أخرى متلاحمة معها.

غير عضـــوي **INORGANIC**

لفظ يصف كل المركبات التي لاتحتوي على الكربون وكذلك عدد قليل من المركبات البسيطة التي تحتوي على الكربون مثل ثاني أكسيد الكربون والكربونات.

عائل وسيط **INTERMEDIATE HOST**

عائل يستخدمه الطفيل عادة خلال طور غير بالغ أو طور يرقى في دورة حياة العائل.

خلية عصبية بينية **INTERNEURON**

أي خلية يتم تنشيطهـا بواسطة خلايا عصبية أخرى ثم تقوم بدورها بتنشيط خلايا عصبية أخـرى. في الفقـاريات توجـد معظم الخلايا العصبية البينية فقط في الجهاز العصبي المركزي. تسمى أيضا بالخلايا العصبية الرابطة.

السائل البين خلوي **INTERSTITIAL FLUID**

السائل المستخلص من الدم ويوجد بين خلايا الحيوانات ومن ثم فهي تكون مغمورة فيه. ينتج الليمف من هذا السائل.

غرس **INTROGRESSION**

ادخال جينات من أحد الأنواع في بحيرة الجينات الخاصة بنوع آخر.

انترون **INTRON**

جزء من جين تم نسخه في الحامض **RNA** ولكنه لا يترجم الى عديد الببتيد.

لافقاري **INVERTEBRATE**

حيوان ليس له عمود فقري.

أيون **ION**

ذرة أو مجموعة ذرات لها شحنة كهربية ناشئة عن اكتساب أو فقد اليكترونات.

رابطـة أيونيـة **IONIC BOND**

رابطة كيميائية تنشأ بين أيونات ذات شحنة مختلفة.

تشابه الأمشاج **ISOGAMY**

حالة يكون فيها المشيجين متشابهين في التركيب، كما في الكلاميدوموناس.

شبيـه **ISOMER**

جزىء له نفس الصيغة الجزيئية لجزىء آخر ولكن بصيغة تركيبية مختلفة، مثل الجلوكوز والفركتوز.

أيزومترى **ISOMETRIC**

انقباض العضلة بدون نقص في طولها.

متعادل التوتر **ISOTONIC**

١) لفظ يصف انقباض العضلة التي يسمح لها بتناقص طولها كلما بذلت جهد ثابت، ٢) له نفس تركيز الماء مثل المحلول الذي يقارن به.

نظيـر **ISOTOPE**

ذرة تختلف في الوزن عن بقية ذرات نفس العنصر بسبب اختلاف عدد النيوترونات في نواتها.

الطراز النووى **KARYOTYPE**

كل مجموعة الكروموسومات الموجودة في خلية.

التحـرك **KINESIS**

حركة تنتج بسبب منبه ولكنها لاتوجه في اتجاه معين.

كينين **KININ**

واحد من مجموعة من عديدات الببتيد تنتج في الدم أو في الأنسجة وتعمل على توسيع الأوعية الدموية وتحدث الألم المصاحب للالتهاب.

لاكتـوز **LACTOSE**

سكر ثنائي (سكر اللبـن) يتميأ ليعطى جزىء جلوكوز وجزىء جالاكتوز.

يرقـة **LARVA**

طور غير بالغ لكثير من الحيوانات التي لابد لها من المرور بمراحل التطور حتى تصل الى الطور البالغ.

فترة السكـــون **LATENT PERIOD**

الفترة الفاصلة بين استخدام منبه واكتشاف أول استجابة له .

جسم مرفقي جانبي **LATERAL GENICULATE BODY**

واحـد من زوج من مراكز المخ حيث تتلاحم نهايات الأعصاب البصرية مع الخلايا العصبية الرابطة المؤدية الى القشرة البصرية .

بقولـــي **LEGUME**

أحد أفراد الفصلية البقولية (أو القرنية) التي تضم البازلاء والفاصوليا والفول وأنواع البرسيم وغيرها .

ســرطان الـــدم **LEUKEMIA**

سرطان يتميز بَزيادة غير محكومةفي عدد خلايا الدم البيضاء .

أشنـــة **LICHEN**

تجمع فيه تبادل منفعة بين فطر وطحلب .

لجنيـــن **LIGNIN**

مادة معقدة توجد في جدر الخلايا الاسكرنشيمية والخشب فتعمل على تقويتها .

ارتباط **LINKAGE**

ميل اثنين من الجينات للتوارث معا لأنهما موجودان على نفس الكروموسوم .

ليبيـــز **LIPASE**

انزيم يهضم الدهون .

القشرة الأرضية **LITHOSPHERE**

الصخور والمواد الصلبة الأخرى التي تكون قشرة الأرض .

تجويف **LUMEN**

الفجوة الموجودة داخل تركيب أنبوبي مثل وعاء دموي أو قناة الكلية .

ليمف **LYMPH**

سائل موجود في أوعية الجهاز الليمفاوي . ينتج من السائل البين خلوي ويحتوي على الكثير من الخلايا الليمفاوية .

تحلل **LYSIS**

انحلال الخلية بعد تحطم غشائها الخلوي .

ليسوجينيـــة **LYSOGENY**

الاندماج المستقر لبروفاج في المجموعة الجينية لبكتيريا.

جزيء كبيــــر **MACROMOLECULE**

جزيء له وزن جزيئي من عدة آلاف أو أكثر. البروتينات والأحماض النووية والسيليلوز والنشا من الجزيئات الكبيرة.

حيوان كيسى **MARSUPIAL**

أي حيوان من رتبة الثدييات ذات الجيب مثل الكانجارو والأوبوسام والخفاش.

مادة بين خلوية **MATRIX**

المادة بين خلوية التي تحيط بخلايا الحيوان وخاصة خلايا النسيج الضام.

النخـــاع **MEDULLA**

الجـــزء الداخلي للعضو.

ميدوســـا **MEDUSA**

شكل من أشكال الأسماك الهلامية موجود في دورة حياة بعض الكنيداريات.

الانقسام الاختزالي **MEIOSIS**

الانقســامان المتتاليان للخلية مع تضاعف واحد للكروموسومات واللذان ينتج عنهما أربعة خلايا بكل منها نصف عدد الكروموسومات الموجودة في الخلية الأصلية.

نسيج انشائي **MERISTEM**

نسيج نباتي جنيني ينتج خلايا جديدة عن طريق تكرار الانقسام غير المباشر.

ميزودرم **MESODERM**

طبقة من الخلايا في جنين الحيوان توجد بين الجلد الخارجي والجلد الداخلي.

ميزوجليا **MESOGLEA**

طبقة هلامية توجد بين طبقتي الخلايا من الاسفنجيات والكنيداريات.

أيض **METABOLISM**

تبادل المادة والطاقة بين الكائن وبيئته وتحول هذه الطاقة والمادة داخل الكائن.

مادة أيضيـــة **METABOLITE**

مادة تستخدم في أو تنتج من أيض الكائن الحي.

تطور **METAMORPHOSIS**

عملية التحول (عادة فجأة) من يرقة الى الطور البالغ.

ميتاستازيس **METASTASIS**

نمو ثانوي للخلايا الخبيثة بعيدا عن موقع الورم الأولي.

كائن دقيــق **MICRO ORGANISM**

كائن دقيق الحجم مثل البكتيريا والحيوانات الأولية والكثير من الطحالب. يسمى أيضا ميكروب.

الانقسام غير المباشر **MITOSIS**

انقسام خلوي (أو ببساطة نووي) يلي تضاعف الكروموسومات حيث يكون لكل خلية (أو نواة) أختية نفس المحتويات الكروموسومية كالخلية الأصلية.

مزيــج (مخلوط) **MIXTURE**

مادة تحتوي على مادتين أو أكثر تحتفظ كل منها بخواصها المميزة. تركيب المخلوط متغير. المحلول هو مزيج.

مول **MOLE**

كمية من مادة وزنها بالجرام يساوي عدديا الوزن الجزيئي للمادة. مثال: ١٨ جرام من الماء تساوي ١ مول.

وزن جزيئي **MOLECULAR WEIGHT**

مجموع الأوزان الذرية للذرات في جزيء.

جزيء **MOLECULE**

أصغر جزء مترابط تساهميا من عنصر أو مركب يحتفظ بخواص تلك المادة. مثال: O_2 ، H_2O

انسلاخ **MOLT**

التخلص من الغطاء الخارجي.

زراعــــة أحاديــة **MONOCULTURE**

زراعة مساحات كبيرة بنوع واحد من المحاصيل النباتية.

أحادي المسكــــن **MONOECIOUS**

وجود كلا المخاريط أو الأزهار المذكرة والمؤنثة على نفس النبات.

أحادي الجليسريد **MONOGLYCERIDE**

جليسرول يحمل حامض دهني واحد.

وحدة جزيئيـــة **MONOMER**

وحـدة جزيئية بسيطة يمكنهـا الارتبـاط مع وحـدات أخرى لتكوين بلمرة. جزيء الجلوكوز هو الوحدة الجزيئية للنشا.

أحدى التسكر **MONOSACCHARIDE**

سكر بسيط مثل الجلوكوز ($C_6H_{12}O_6$).

النشوء الشكلي **MORPHOGENESIS**

نشوء شكل الجسـم.

علم الشكل الخارجي **MORPHOLOGY**

دراسة تركيب الكائنات.

وحدة المحـرك **MOTOR UNIT**

جميع ألياف العضلات الهيكلية التي يتم تنبيهها بخلية عصبية محركة واحدة.

الجينات المتضادة المتعددة **MULTIPLE ALLELES**

أكثر من زوج من الجينات المتضادة موجودة عند موقع جيني معين في عشيرة.

عوامل متعددة **MULTIPLE FACTORS**

جينات غير متضادة تؤثر في نفس الصفة بطريقة تجمعية.

طفـرة **MUTATION**

تغير ثابت موروث في جين.

تبادل منفعـة **MUTUALISM**

ارتباط وثيق بين كائنين من نوعين مختلفين فيه فائدة متبادلة بينهما.

غزل فطـري **MYCELIUM**

كتلـة الخيوط المتداخلة التي يتكون منها الفطر.

جذر فطـريات **MYCORRHIZA**

علاقة تكافلية لفطر مع جذور نبات.

غمد المايلين **MYELIN SHEATH**

غلاف دهني موجود حول العديد من الأعصاب.

بروتين الميولوما **MYELOMA PROTEIN**

جلوبيولين مناعى نقي (جسم مضاد) تنتجه سلالة سرطانية من خلايا البلازما.

الاتصال العضلي العصبي **MYONEURAL JUNCTION**
الاتصال بين خلية عصبية محركة وليفة عضليـــة .

رحيق **NECTAR**
محلول سكرى تفرزه النباتات ويصنع النحل منه العسل .

نكتـــون **NEKTON**
حيوانات تسبح بنشاط في الماء .

نفـــرون **NEPHRON**
وحدة وظيفيـــة في كلية الحيوانات الفقارية .

عصب **NERVE**
حزمة من الأكسونات .

الانتاجيـــة الصافيـــة **NET PRODUCTIVITY**
كمية الطاقة المحبوسة في مادة عضوية أثناء فترة محددة عند مستوي غذائي معين مطروحا منها تلك المفقودة عن طريق تنفس الكائنات عند هذا المستوي .

مكيف عصبي **NEUROHUMOR**
مادة يتم افرازها عند نهايات خلية عصبية وتنبه أو تثبط الخلية العصبية التالية أو ليفة عضلية. الأسيتايل كولين والنورأدرينالين هما مكيفان عصبيان هامان .

خلية عصبية **NEURON**
خلية عصبيـــة

نيوترون **NEUTRON**
جسيم متعادل كهربائيا ويوجد في أنوية جميع الذرات ماعدا الهيدروجين ـ ١ .

كوّة **NICHE**
(من اللاتينية **nidus** بمعنى عش). الموقع الذي يشغله نوع معين في تجمع أحيائي من حيث علاقته بالأنواع الأخرى .

ثاني نيوكليوتيد النيكوتيناميد أدنين **NICOTINMAIDE ADENINE DINUCLEOTIDE (NAD)**
مرافق انزيمي ينقل الاليكترونات بداخل الخلية . كان يسمى ثنائي فوسفو بيريدين نيوكليوتيد **(DPN)** أو المرافق الانزيمي ـ ١ .

تثبيت النتروجيـــن **NITROGEN FIXATION**
تحويل النتروجين الجوى **(N_2)** الى مركبات تحتوي على النتروجين مثل **(NH_3)**.

عقـدة NODE

في النباتات، هي المكان من الساق الذي تنشأ عنده ورقة أو أكثر.

فشل الانفصال NONDISJUNCTION

فشل كروموسومين متماثلين في الانفصال أثناء الانقسام الاختزالي.

حبل عصبي NOTOCHORD

قضيب طولى مرن يقع بين الجهاز العصبي المركزي والقناة الهضمية أثناء بعض أطوار النشوء في جميع الحبليات. وفي الفقاريات يحل محله عادة عمود من الفقرات.

حامض نووي NUCLEIC ACID

بلمرة من النيوكليوتيدات، DNA و RNA.

نيوكليوسيدة NUCLEOSIDE

جزيء مكون من بيورين أو بيرميدين مرتبط بسكر خماسي الكربون.

نيوكليوتيدة NUCLEOTIDE

جزيء مكون من: ١) بيورين أو بيرميدين، ٢) سكر خماسي الكربون، ٣) مجموعة أو مجموعتين أو ثلاث مجموعات فوسفاتية ـ وكلهم مرتبطون ببعضهم البعض.

مسرطن ONCOGENIC

مسبب للسرطان.

النشوء ONTOGENY

عملية نشوء كائن مفرد.

جين التشغيل OPERATOR GENE

جين يعمل على فتح و غلق الجينات التركيبية المجاورة له.

وحدة التشغيل OPERON

مجموعة من الجينات التركيبية المتجاورة وجين التشغيل الذي يتحكم فيها.

أوبيات (أفيونات) OPIATE

مادة مخدرة محضرة أو مشتقة من الأفيون.

أوبسين OPSIN

الجزء البروتيني في الأصباغ البصرية للعين.

عضـــو ORGAN

مجموعة من الأنسجة تؤدي وظيفة معينة للحيوان أو النبات، مثل المعدة والورقة.

عضّية **ORGANELLE**

جزء متخصص من خلية، مثل الفجوة القابضة، مكافيء للعضو.

عضوي **ORGANIC**

لفظ يصف كل المركبات التي تحتوي جزيئاتها على الكربون مع استثناءات قليلة مثل ثاني أكسيد الكربون والكربونات.

كائن حي **ORGANISM**

كائن حي مفرد.

أسموزيـــة **OSMOSIS**

إنتشار مذيب (عادة الماء) خلال غشاء شبه منفذ

عظمة صغيرة **OSSICLE**

عظمة صغيرة مثل تلك التي تنقل الذبذبات عبر الأذن الوسطى.

تهجين خارجي **OUT BREEDING**

تزاوج بين أفراد متباينة وراثيا وغير قريبة النسب.

حيوانات بيوضة **OVIVIPAROUS**

حيوانات ذوات أجنة تنمو الى الطور البالغ بداخل جسم الأم بينما تؤمن غذاءها من البيضة بدلا من تأمينه من أنسجة الأم مباشرة مثل العديد من الحشرات والقواقع والأسماك والسحالي والثعابين.

افراز البيض **OVULATION**

افراز بيضة أو أكثر من المبيض.

بويضـــة **OVULE**

حافظة جرثومية كبيرة موجودة بداخل مبيض النبات البذري. بعد الاخصاب تتحول البويضة الى بذرة.

أكســدة **OXIDATION**

عملية ازالة اليكترونات من المادة.

طفيل **PARASITE**

كائن حي يعيش على أو في داخل كائن حي آخر ويستمد منه غذاءه ويسبب له بعض الضرر.

برانشيمية **PARENCHYMA**

نسيج نباتي يتكون من خلايا رقيقة الجدر وغالبا متباعدة بعض الشيء ويمارس عملية البناء الضوئي و/أو تخزين الغذاء.

التوالد البكري **PARTHENOGENESIS**

نشوء بيضة غير مخصبة الى فرد جديد. غالبا يحدث بصورة طبيعية في نباتات وحيوانات معينة مثل حشرات المن.

مسبب المرض **PATHOGEN**

كائن أو فيروس يسبب المرض.

سكر خماسي **PENTOSE**

سكر يحتوي على خمس ذرات كربون مثل الريبولوز.

تموجات ذاتية **PERISTASIS**

موجات متتابعة تمر طوليا بجدر الأعضاء الأنبوبية. مثل الأمعاء فتدفع محتوياتها للأمام.

درجة الحموضة **pH**

اللوغاريتم السالب لتركيز أيونات الهيدروجين (بالمول في اللتر) في المحلول. وهو مقياس لدرجة الحموضة والقلوية.

التهام خلوي **PHAGOCYTOSIS**

احاطة مواد صلبة بواسطة خلية.

طراز مظهري **PHENOTYPE**

مظهر الكائن الحي. وهو ناتج عن التفاعل بين طرازه الجيني والبيئة التي يعيش فيها.

فيرومون **PHEROMONE**

مركب يفرز خارجيا بواسطة الحيوان ويؤثر على أفراد آخرين من نفس النوع.

لحاء **PHLOEM**

نسيج وعائي معقد في النباتات ينقل الغذاء الى كل أجزاء النبات.

صوت أساسي **PHONEME**

أحد الأصوات الأساسية التي يتكون منها الكلام.

دهن مفسفر **PHOSPHOLIPID**

أحد مشتقات الدهون فيه يستبدل حامض دهني واحد بمجموعة فوسفات وبواحد من

عدة جزيئات تحتوي على النتروجين.

التوقيت الضوئي **PHOTOPERIODISM**

استجابة نشوئية أو سلوكية من الكائن لطول مدة النهار أو الظلام.

تاريخ تطوري **PHYLOGENY**

التاريخ التطوري للنوع.

قبيلـــة **PHYLUM**

فئة تصنيفية رئيسية تضم صف واحد أو أكثر. في تصنيف النباتات غالبا يسخدم اللفظ قسم بدلا من قبيلة.

علم وظائف الأعضاء **PHYSIOLOGY**

دراسة العمليات التي تحدث في الكائنات الحية.

صبغة **PIGMENT**

مادة تمتص الضوء وغالبا انتخابيا.

بلاناريان **PLANARIAN**

دودة مفلطحة تعيش حرة وعادة مائية. تكون تحت قسم من صف التوربيلاريا.

بلانكتون **PLANKTON**

كائنات من البروتيستا غالبا مجهرية وطافية. الحياة الحيوانية في كمية من الماء.

بلازما **PLASMA**

الوسط السائل للدم.

بلازموديوم **PLASMODIUM**

كتلة متحركة وعديدة الأنوية من البروتوبلازم.

بلزمـــة **PLASMOLYSIS**

انكماش السيتوبلازم بعيدا عن جدار الخلية النباتية الموضوعة في وسط زائد التوتر بسبب فقد الماء بالخاصية الأسموزيـــة.

تعدد التأثير **PLEIOTROPY**

احداث أكثر من تأثير واحد على الطراز المظهري للكائن بواسطة جين واحد.

الريشـــة **PLUMULE**

البرعم الطرفي لجنين النبات، عادة تتكون من أوراق جنينية والسويقة الجنينية العليا.

ذوات الدم البارد **POIKILOTHERMIC**

لها حرارة جسم تتأرجح مع حرارة الوسط المحيط بالجسم.

قطبيـــة **POLARITY**

التوجيه الأمامي ـ الخلفي الذاتي في كائن والذي يبدو أنه مسئول عن تجدد الأجزاء المفقودة من الجسم كما في البلاناريان بطريقة مناسبة لبقية أجزاء الجسم.

بلمــرة **POLYMER**

مركب يتكون الجزيء فيه من وحدات عديدة متكررة مرتبطة مع بعضها البعض.

تعدد الأشكال **POLYMORPHISM**

وجود طرازات شكلية عديدة ومتميزة في العشيرة مثل ملكة وذكر وشغالات النحل.

بوليب **POLYP**

جسم أنبـوبي الشكـل مثبت، يميز أغلب الكنيداريات على الأقل أثناء أحد أطوار حياتها. الهيدرا والمرجان هي من البوليب.

عديد الببتيد **POLYPEPTIDE**

جزيء يتكون من أقل من مائة حامض أميني مرتبطة مع بعضها في سلسلة واحدة.

تضاعف كروموسومي **POLYPLOIDY**

به ثلاثة أو أكثر من المجموعات (أحادية العدد الكروموسومي) الكروموسومية الكاملة.

عديد التسكر **POLYSACCHARIDE**

مادة كربوهيدراتية (مثل النشا والسيليلوز) تتكون من ثلاثة أو أكثر من أحاديات التسكر المرتبطة مع بعضها.

الكروموسوم العملاق **POLYTENE**

كلمـة تستخدم لوصف الكروموسوم العملاق متعدد الخيوط الموجود في خلايا معينة نشيطة أيضيا في الحشرات.

عشيرة **POPULATION**

جميع أفراد النوع الواحد الموجودون في منطقة محددة.

منشئ **PRECURSOR**

مادة تتكون منها مادة أخرى.

تنشيط المنشئ **PRECURSOR ACTIVATION**

تنشيط آخر انزيم في المسار الأيضي بواسطة مادة التفاعل الخاصة بالانزيم الأول في

هذا المسار.

افتراس **PREDIATION**

العيش على التهام كائنات أخرى.

عائل ابتدائي **PRIMARY HOST**

العائل الذي يستخدمه عادة الطفيل أثناء الطور البالغ من دورة حياته.

المنسوخ الابتدائي **PRIMARY TRANSCRIPT**

الجزئ الأصلي من الحامض **RNA** الذي تم تخليقه بواسطة نسخ الجين في حقيقيات النواة. جزئ الحامض **mRNA** يتم تجهيزة منه.

بدائي **PRIMITIVE**

يشبه ذلك الموجود في التاريخ التطوري المبكر للعضو أو للكائن.

خرطوم **PROBOSCIS**

امتداد أنبوبي عند الطرف الأمامي للحيوان ويستخدم عادة في التغذية.

منتج **PRODUCER**

كائن يستطيع تخليق جزيئات عضوية من جزيئات غير عضوية، أي ذاتي التغذية، المنتجون يبدأون السلاسل الغذائية.

قطعة لسانية **PROGLOTTID**

احدى قطع الدودة الشريطية.

بدائي النواة **PROKARYOTE**

كائن لاتحتوي خلاياه على أنوية محاطة بأغشية ولا على عضيات أخرى محاطة بأغشية مثل الميتوكوندريا والبلاستيدات، تشمل البكتيريا والطحالب الزرقاء. غالبا تكتب **procaryote.**

نواة أولية **PRONUCLEUS**

نواة الحيوان المنوي ونواة البيضة في البيضة المخصبة قبل اندماجهما لتكوين نواة الزيجوت ثنائية العدد الكروموسومي.

بروستاجلاندين **PROSTAGLANDIN**

أي من عدد من الأحماض العضوية المحتوية على ٢٠ ذرة كربون والتي يتم تخليقها في الجسم من أحماض دهنية غير مشبعة وتكون مسئولة عن العديد من النشاطات الأيضية.

مجموعة فعالــة **PROSTHETIC GROUP**

الجزء غير البروتيني من بروتين مقترن. أيونات المعادن والكثير من الجزيئات العضوية (مثل الفيتامينات والسكريات والدهون) تستطيع أن تعمل كمجموعات فعالة. عادة ترتبط المجموعات الفعالة مع بروتينها تساهميا.

بروتييـز **PROTEASE**

انزيم يعمل على تميوء الروابط الببتيدية سواء في البروتينات أو في الببتيدات.

بروتينيز **PROTEINASE**

انزيم يعمل على تميوء الروابط الببتيدية في البروتينات.

بروتون **PROTON**

جسيم ذو شحنة موجبة موجود في أنوية جميع الذرات. أيون الهيدروجين H^+ هو بروتون.

بروتوبلاست **PROTOPLAST**

خلية لنبات (أو لبكتيريا) نزع عنها غشاءها.

حيوان أولي **PROTOZOAN**

كائن حقيقي النواة وحيد الخلية، شاذ التغذية وغالبا متحرك. الأميبا مثال شائع.

قريب **PROXIMAL**

يوجد بالقرب من مكان المنشأ أو مكان الاتصال.

فراغ كاذب **PSEUDOCOEL**

فراغ جسم يوجـد في بعض الحيوانات (مثل الديدان الأسطوانية) بين جدار الجسم (الميزودرم) والقناة الهضمية (الاندودرم). لا تبطنه طبقة من الخلايا الميزودرمية كما في الفراغ الحقيقي.

عذراء **PUPA**

طور (عادة ساكن) بين اليرقة والطور البالغ للحشرات ذات التطور الكامل.

بيورين **PURINE**

قاعدة مزدوجة الحلقة ومحتوية على النتروجين تكون من بين مكونات الأحماض النووية والكثير من المواد الأخرى ذات النشاطات الحيوية.

بيرميدين **PYRIMIDINE**

قاعدة أحادية الحلقة محتوية على النتروجين وتكون من بين مكونات الأحماض النووية.

الجذير **RADICLE**

الجزء الجذري من جنين النباتات البذرية .

مادة متفاعلة **REACTANT**

مادة تدخل في تفاعل كيميائي .

السيرة التطورية **RECAPITULATION**

وجود أطوار في النشوء الجنيني للفرد يظن أنها كانت موجودة في النشوء الجنيني لأسلافه .

جهد ريدوكس **REDOX POTENTIAL**

مقياس بالفولت لألفة المادة للاليكترونات بالمقارنة مع الهيدروجين (والمضبوطة عند الصفر). المواد ذات السالبية الكهربية (أي القادرة على الأكسدة) الأقوى من الهيدروجين لها جهد ريدوكس موجب. المواد ذات السالبية الكربية الأقل من الهيدروجين (أي القادرة على الأختزال) لها جهد ريدوكس سالب .

تفاعل ريدوكس **REDOX REACTION**

تفاعل كيميائي تنتقل الاليكترونات فيه من ذرة (تتأكسد) الى أخرى (فتختزل) .

اختزال **REDUCTION**

عملية اضافة اليكترونات الى مادة .

فترة عدم الاستجابة **REFRACTORY PERIOD**

فترة وجيزة تتبع استجابة خلية عصبية أو ليفة عضلية تكون أثناءها غير قادرة على استجابة ثانية .

تجدد **REGENERATION**

النمو ثانية لأجزاء مصابة أو مفقودة من كائن حي .

الجين المنظم **REGULATOR GENE**

الجين المنتج للكابت.

المحرر **RELEASER**

منبه يبدأ السلوك الغريزى.

رونتجين مكافيء رجل **REM (ROENTGEN EQUIVALENT MAN)**

كمية الاشعاع الممتص التي تسبب ضررا لأنسجة الانسان يكافيء الضرر الذي يحدثه رونتجن واحد من الأشعة السينية .

الكابت **REPRESSOR**

بروتين يوقف فعل الجين باتحاده مع جين فعال.

اندونيوكلييز التحديد **RESTRICTION ENDONUCLEASE**

انزيم يقطع جزيئات الحامض **DNA** فقط عند أو بالقرب من تتابعات معينة من القواعد.

ترانسكريبتيز العكس **REVERSE TRANSCRIPTASE**

انـزيم يحفـز تخليـق الحـامـض **DNA** المتـوافق مع قالب من الحامض **RNA**، أي بوليميريز الحامض **DNA** المعتمد على الحامض **RNA**.

ريزوبيوم **RHIZOBIUM**

بكتيريا التربة المنتمية الى جنس بهذا الاسم وهي قادرة على تثبيت النتروجين بعد اقامة علاقة تكافلية مع جذر نبات بقولي.

حامض ريبوينوكلييك **RIBONUCLEIC ACID (RNA)**

حامض نووي يوجد في النواة وفي السيتوبلازم ويعمل في تخليق البروتين.

ريبونيوكليوبروتين **RIBONUCLEOPROTEIN**

مـركـب معقــد مـن الحامـض **RNA** والبروتين.

بوليميريز الحامض RNA **RNA POLYMERASE**

انزيم يحث الربط بين الريبونيوكليوتيدات لتكوين حامض **RNA** متوافق مع قالب اما مـن الحامض **DNA** أو من الحامـض **RNA**.

مترمم **SAPROPHYTE**

نبات (أو فطر) شاذ التغذية يؤمن غذاءه بالهضم خارج الخلايا للمواد العضوية غير الحية.

قطعة عضلية **SARCOMERE**

الوحدة المنقبضة المتكررة في الليفة العضلية. وتكون محدودة عند كل من طرفيها بخط **(Z)**.

آكل البقايا **SCAVENGER**

حيوان يتغذى على الكائنات الميتة أو بقايا الكائنات.

طُعم **SCION**

جزء مقطوع من نبات (مثل قطعة من ساق) يطعم على نبات آخر.

سكلرنشيمة **SCLERENCHYMA**

نسيج نباتي دعامي يتكون من خلايا ذات جدر منتظمة التغليظ وغالبا ملجننة.

بذرة **SEED**

نبات جنيني مزود بالغذاء وتحميه أغلفة البذرة. تعمل كوسيلة للانتشار في عاريات البذور وكاسيات البذور. تنشأ من البويضة المخصبة.

تتابع **SEQUENCE**

الترتيب الخطى للأحماض النووية في سلسلة عديدة الببتيد أو للنيوكليوتيدات في حامض نووي.

مصل **SERUM**

السائل الشفاف الذي يمكن ضغطه للخارج من جلطة دموية: أي بلازما الدم بعد استبعاد الفبرينوجين وعوامل التجلط الأخرى منها.

جالس **SESSILE**

١) في النباتات: يفتقر الى وجود العنق مثل ورقة بدون عنق، ٢) في الحيوانات: ملتصق بشيء، مثبت.

تكاثر جنسي **SEXUAL REPRODUCTION**

انتاج أفراد جدد باتحاد المادة الوراثية (DNA) لخليتين مختلفتين، عادة أمشاج وعادة من أبوين مختلفتين.

تتابع الاشارات **SIGNAL SEQUENCE**

تتابع قصير من وحدات الحامض الأميني يوجد عند النهاية الأمينية لعديدات الببتيد حديثة التخليق ويتم التخلص منه عند دخول عديد الببتيد الى تجاويف الشبكة الاندوبلازمية.

ذائب **SOLUTE**

مادة ذائبة في محلول.

محلول **SOLUTION**

مزيج يتكون من جزيئات أو أيونات يقل قطرها عن نانومتر واحد وتكون معلقة في وسط سائل (هو الماء في معظم الأجهزة الحيوية).

مذيب **SOLVENT**

الوسط الذي يذيب المواد في المحلول.

SOMITE
سوميت
احدى كتل الميزودرم التي تنشأ في سلسلة طولية على كل من جانبي الحبل الشوكي في أجنة الفقاريات.

SPECIATION
التنوع
نشأة الأنواع.

SPECIES
نوع (أنواع)
(من اللاتينية، بمعنى نوع) فئة تصنيفية تتكون من مجموعة من العشائر التي تتزاوج أو يمكن أن تتزاوج فيما بينها وان كانت لاتتزاوج عادة مع مجموعات اخرى حتى عندما تتاح لها الفرصة (المفرد والجمع يكتبان بنفس الحروف).

SPIRACLE
ثغر تنفسي
١) في الحشرات: الفتحة الخارجية للقصبة الهوائية، ٢) في كثير من الأسماك: البقية الأثرية لأول شق خيشومي في أسلافها من الأسماك عديمة الأسنان.

SPORANGIUM
حافظة جرثومية
تركيب تنشأ بداخله الجراثيم غير الجنسية.

SPORE
جرثومة (بوغ)
تركيب تكاثري لاجنسي، عادة وحيد الخلية يعمل على انتشار النوع و/أو يمكنه من تخطى الظروف غير المواتية، كما أنه ينمو ليعطي فرد جديد.

SAPROPHYTE
الطور الجرثومي
مرحلة في دورة حياة النبات يكون فيها ثنائي العدد الكروموسومي ومنتج للجراثيم.

STATOCYST
حويصلة توازن
عضو الاتزان الموجود في بعض اللافقاريات المائية.

STEROID
ستيرويد
أحد المركبات العديدة القابلة للذوبان في الدهون والنشطة حيويا وتحتوي جزيئاتها على نظام من أربعة حلقات بها ١٧ ذرة كربون (أنظر الشكل ٤-٨).

STIMULUS
منبـه
تغير في بيئة كائن يتسبب في بدء استجابة.

STOCK
أصـــل
جزء من نبات (عادة يحتوي على جذور) يتم غرس الطُّعم عليه.

مداد **STOLON**

ساق يتمدد أفقيا وينتج نباتات جديدة عند عقده.

مخروط **STROBILUS**

تجمع لأوراق متحورة تحمل حوافظ جرثومية، يسمى أيضا **cone**.

جين تركيبي **STRUCTURAL GENE**

تتابع من النيوكليوتيدات يحمل الشفرة لناتج جيني واحد، أي يتم نسخه الى جزيء من حامض **RNA**.

سوبرين **SUBERIN**

مادة شمعية توجد في جدر خلايا الفلين فتجعلها غير منفذة للماء.

طبقة تحتية **SUBSTRATE**

١) مادة يعمل عليها انزيم، ٢) قاعدة (مثل تربة أو صخرة) يعيش عليها كائن حي. تسمى أيضا **substratum**.

تعاقب **SUCCESSION**

تغير تقدمي في طبيعة عشيرة نباتية في منطقة ما.

معلّق **SUSPENSION**

مزيج يحتوي على دقائق صلبة قطرها أكثر من مائة ميكرون وموزعة في كل أنحاء سائل. في النهاية تستقر هذه الدقائق في القاع تحت تأثير الجاذبية.

تكافل **SYMBIOSIS**

المعيشة في ترابط وثيق، بين كائنات من أنواع مختلفة. تبادل المنفعة والتطفل والمشاركة الغذائية هي من صور التكافل.

فجوة عصبية **SYNAPSE**

فجوة بين خليتين عصبيتين ينتقل عبرها النبض العصبي.

تلاحم **SYNAPSIS**

اتحاد، جنبا الى جنب، بين الكروموسومات المتماثلة في المراحل المبكرة للانقسام الاختزالي.

مدمج خلوي **SYNCYTIUM**

كتلة من السيتوبلازم تحتوي على عديد من الأنوية وتتكون نتيجة لاندماج خلاياه.

سيندروم **SYNDROME**

(من اليونانية بمعنى توليفة). مجموعة الأعراض والعلامات المميزة لمرض معين.

اتحاد مشيجي **SYNGAMY**

اتحاد الأمشاج في التكاثر الجنسي.

تخليق **SYNTHESIS**

تكوين مركب من مواد أخرى، عادة أبسط منه.

جهـــاز **SYSTEM**

مجموعة أعضاء تعمل كوحدة واحدة على أداء وظيفة واحدة أو أكثر، مثل أعضاء الجهاز الهضمي.

سيستـول **SYSTOLE**

طور من أطوار انقباض القلب.

خليـــة ت **T CELL**

(خلية ليمفاوية) تحتاج الى وجود الغدة التيموسية كي يكون لها نشاط مناعي.

تايجـــا **TAIGA**

(كلمة روسية). الغابات المخروطية الشمالية.

حركة تلقائيـــة **TAXIS**

حركة تلقائية لكائن متحرك في اتجاه يحدده الاتجاه الذي يصيبه منه المنبه.

تصنيف **TAXONOMY**

(من اليونانية: **taxis** بمعنى ترتيب، **nomos** بمعنى قانون). تصنيف الكائنات الحية.

تيراتوجين **TERATOGEN**

مادة تسبب تشوهات المواليد.

تيتانوس **TETANUS**

أقصى انقباض متواصل لعضلة.

حافـــة **THRESHOLD**

أدنى شدة لمنبه يستجيب لها تركيب.

ثرومبين **THROMBIN**

(من اليونانية: بمعنى جلطة)، انزيم يحول الفيبرينوجين الى فيبرين.

أشباه حجيرات **THYLAKOIDS**

أزواج من الأغشية المحتوية على الكلوروفيل تكون تراكيب تشبه الأقراص بداخل البلاستيدات الخضر. الأكوام المتراصة من أشباة الحجيرات تسمى الحبوب.

نسيج **TISSUE**

تجمع لخلايا ترتبط مع بعضها بجدر خلوية (في النباتات) أو بوسط بين خلوي في الحيوانات وتؤدى وظيفة معينة.

تونس **TONUS**

الانقباض الجزئي المتواصل لعضلة.

تور **TORR**

وحدة لقياس الضغط تساوي الضغط الناتج عن عمود من الزئبق ارتفاعه ١مم، أي تساوي ١ مم / زئبق.

سم **TOXIN**

من نواتج الأيض (عادة بروتين) لكائن حي ويكون ساما لكائن حي آخر.

شبه سم **TOXOID**

سم معالج بحيث يفقد خواصه السامة ولكن يبقى قادرا على تنبيه عملية انتاج الأجسام المضادة.

نبات وعائي **TRACHEOPHYTE**

نبات به جهاز وعائي من خشب ولحاء. يشمل جميع النباتات ماعدا الحزازيات وأقاربها.

مهدئ **TRANQUILIZER**

عقار يستخدم لتقليل القلق أو المنغصات العاطفية الأخرى. المهدئات الرئيسية مثل الكلوروبرومازين تستخدم لتهدئة مرضى الأمراض العقلية، المهدئات الصغرى مثل ميروباميت تستخدم على نطاق واسع لتقليل القلق والتوتر.

النسخ **TRANSCRIPTION**

تخليق تتابع من الريبونيوكليوتيدات المكمل لتتابع الدي أوكسي ريبونيوكليوتيدات في جزئ الحامض **DNA**.

تحول **TRANSFORMATION**

تغير الطراز الجيني للخلية بادخال حامض **DNA** من مصدر آخر اليها. أيضا يعني

تحويل خلية عادية الى خلية سرطانية.

ترجمة **TRANSLATION**

تخليق عديد ببتيد على أساس الشفرة المعدة سابقا في جزء من الحامض **RNA**.

نقل **TRANSLOCATION**

١) نقل مواد من أحد أجزاء نبات الى جزء آخر. ٢) نقل قطعة من كروموسوم الى كروموسوم آخر غير متشابه.

نتح **TRANSPIRATION**

تبخر الماء من النباتات.

مستوي غذائي **TROPHIC LEVEL**

موقع في السلسلة الغذائية مثل المستهلك الابتدائي، المستهلك الثانوي، الخ.

انتحاء **TROPISM**

استجابة تلقائية لنمو أو توجيه في اتجاه يحدده الاتجاه الذي يصيب المنبه منه الكائن.

تندرا **TUNDRA**

سهول مستوية نسبيا ليس بها أشجار، شمال اقليم التايجا وجنوب المنطقة القطبية الشمالية.

امتلاء **TUGOR**

تمدد جدر خلية نباتية نتيجة تجمع الماء بداخل الخلية.

لقاح **VACCINE**

تحضير من كائن مسبب المرض ميت أو ضعيف عند حقنه في الجسم ينبه إنتاج الأجسام المضادة دون أن يسبب ظهور أعراض المرض.

وعائي **VASCULAR**

بـه أجهزة لنقل السوائل.

خصي **VASECTOMY**

الازالة الجراحية لجزء من كل وعاء ناقل وذلك لمنع اضافة الحيوانات المنوية الى السائل المنوي.

ناقل للمرض **VECTOR**

حيوان مثل حشرة ينقل الطفيليات.

فقــاري **VERTEBRATE**

حيوان له عمود فقري ، يشمل الاسماك والبرمائيات والزواحف والطيور والثدييات .

أثري **VESTIGIAL**

لفظ يطلق على تركيب ضامر أو غير كامل النشأة وكان كامل النشأة في أحد الأطوار المبكرة من حياة الكائن أو في أسلافه .

فيريــون **VIRION**

دقيقـة فيروسية كاملة تتكون من مادة وراثية (الحامض **DNA** أو الحامض **RNA**) ومحاطة بغلاف بروتيني (وأحيانا مواد أخرى كذلك) .

أحشـــاء **VISCERA**

أعضاء في تجويف الجسم .

فيتاميــن **VITAMIN**

مركب عضوي يحتاج اليه الكائن بكميات ضئيلة في أيضه ولا يستطيع تخليقه من المواد الكربوهيدراتية والدهون والبروتينات الموجودة في غذائه .

ولود **VIVIPAROUS**

له أجنة تنمو الى الشكل البالغ بداخل جسم الأم حيث تضمن الأم غذاء تلك الأجنة من أنسجتها وليس في مح البيضة .

خشب **XYLEM**

نسيج وعائي ينقل الماء والمعادن الذائبة من الجذور الى أعلى وغالبا يدعم النبات أيضا .

خميــرة **YEAST**

فطر زقي وحيد الخلية . أحد أنواع الخميرة يستخدم في صنع البيرة وعمل الخبز لكفاءته في تخمر المواد الكربوهيدراتية الى كحول ايثيلي وثاني أكسيد كربون .

علم الحيوان **ZOOLOGY**

دراسة الحيوانات .

جرثومة سابحة **ZOOSPORE**

جرثومة لها أسواط وسابحة في وسط سائل . تنتج عن طريق التكاثر اللاجنسي .

زيجوت **ZYGOTE**

خلية تتكون نتيجة اتحاد مشيجين .

مطابع المكتب المصرى الحديث
MODERN EGYPTIAN PRESS
ت : ٢٢١١٠٧١ - ٢٢١١٠٧٢ - فاكس ٢٢١١٠٧٣

BIOLOGY

هـذا الكتـاب

إن التقـدم السريـع الذي يحدث في علوم الأحياء، يجعل هناك المزيد والمزيد دائماً مما نود أن نقوله لأساتذة وطلاب هذا العلم ولكن من عيوب ذلك أن كتب علم الأحياء تزداد كثيراً في الحجم.

لذا نجد أن هذا الكتاب قد تم تجزئته إلى جزئين، الجزء الأول «وهو في كتاب مستقل» يشمل ستة أقسام، وهي مبوبة بدورها إلى خمسة وعشرين باباً. وهذه الأقسام الستة تتلخص في: مقـدمـة، تنظيم الحياة، حياة الخلية، الوراثة، التكاثر والنشأة، تنظيم البيئة الداخلية.

أمّا الجزء الثاني «وهو أيضاً في كتاب مستقل عن الجزء الأول» فقد تم تقسيمه إلى ثلاثة أقسام، وقد تم تبويبها في سبعة عشر بابـاً. وهـذه الأقسـام الثـلاثـة تتحـدث عن: الاحسـاس والتنـاسق، التطور، علم البيئة «الدراسة الاحيائية للعشائر وبيئتهـا». كما أنـه في نهاية الجزء الثاني نجد نبذة عن النظام الدولي للوحدات، وكذلك قائمة المصطلحات مرتبة أبجدياً بالعربية ثم بالانجليزية.